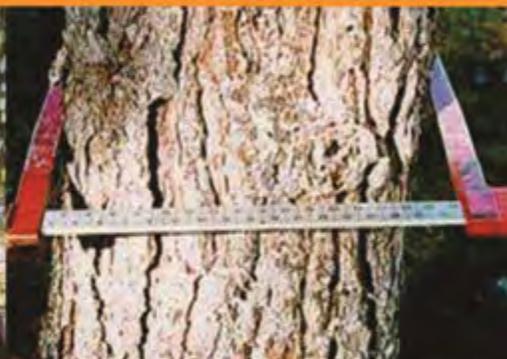
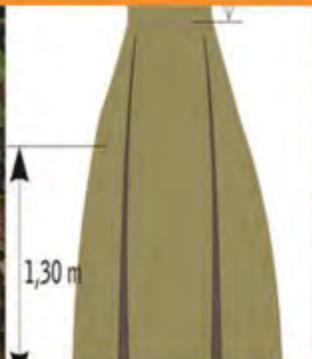
Buku Teks Bahan Ajar Siswa

Paket Keahlian:
Teknik Inventarisasi dan Pemetaan hutan

Inventarisasi Hutan

KELAS
XI
SEMESTER 4

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KATA PENGANTAR

Prinsip pembelajaran kontekstual (*contextual learning*) yang diharapkan mampu mengubah gaya belajar siswa dalam memahami setiap ilmu dan materi yang dipelajari di sekolah menjadi salah satu komponen dasar penyusunan bahan ajar bagi guru dan siswa. Disisi lain pembelajaran akselerasi (*accelerated learning*) berkontribusi dalam menciptakan nuansa dan iklim kegiatan belajar yang kreatif, dinamis serta tak terbatas oleh sekat ruang kelas (*learning with no boundaries*). Proses pembelajaran tersebut mampu memberi spektrum warna bagi kanvas ilmu pengetahuan yang sejatinya harus menjadi bagian dari proses pengalaman belajar (*experiential learning*) ilmiah, kritis dan dapat diterapkan (*applicable*).

Buku teks siswa SMK tahun 2013 dirancang untuk dipergunakan siswa sebagai literatur akademis dan pegangan resmi para siswa dalam menempuh setiap mata pelajaran. Hal ini tentu saja telah diselaraskan dengan dinamika Kurikulum Pendidikan Nasional yang telah menjadikan Kurikulum 2013 sebagai sumber acuan resmi terbaru yang diimplementasikan di seluruh sekolah di wilayah Republik Indonesia secara berjenjang dari mulai pendidikan dasar hingga pendidikan menengah.

Buku ini disusun agar menghadirkan aspek kontekstual bagi siswa dengan mengutamakan pemecahan masalah sebagai bagian dari pembelajaran dalam rangka memberikan kesempatan kepada siswa agar mampu mengkonstruksi ilmu pengetahuan dan mengembangkan potensi yang dimiliki oleh setiap individu mereka sendiri. Secara bahasa, buku ini menggunakan bahasa yang komunikatif, lugas dan mudah dimengerti. Sehingga, siswa dijamin tidak akan mengalami kesulitan dalam memahami isi buku yang disajikan.

Kami menyadari bahwa penyusunan dan penerbitan buku ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Kami ucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan yang diberikan. Semoga buku ini dapat memberi kontribusi positif bagi perkembangan dan kemajuan pendidikan di Indonesia.

Jakarta, Desember 2013

Penyusun

DAFTAR GAMBAR

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

GLOSARIUM

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang dibatasi oleh pemisah topografi berupa punggung bukit atau gunung yang berfungsi menampung air yang berasal dari curah hujan, menyimpan dan mengalir ke danau atau laut secara alami.

Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan yang lainnya tidak dapat dipisahkan.

Intensitas sampling adalah perbandingan antar jumlah unit petak ukur yang diambil terhadap jumlah unit populasi.

Inventarisasi Hutan adalah rangkaian kegiatan pengumpulan data untuk mengetahui keadaan dan potensi sumber daya hutan serta lingkungannya secara lengkap.

Kawasan Hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh Pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap, termasuk kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam perairan.

Kriteria adalah ukuran yang menjadi dasar penilaian atau penentuan sesuatu.

Penafsiran citra adalah proses penerjemahan data (citra) menjadi informasi.

Penginderaan jauh adalah salah satu teknik untuk mendapatkan informasi sumber daya hutan dan lingkungan dengan menggunakan peralatan yang secara fisik tidak bersinggungan langsung dengan obyeknya.

Petak (compartment) adalah unit areal yang merupakan unit administrasi terkecil dalam kesatuan pengelolaan/manajemen hutan.

Sediaan tegakan hutan (standing stock) adalah kondisi tegakan hutan yang ada pada saat dilaksanakan inventarisasi hutan, yang dinyatakan dalam komposisi jenis, penyebaran ukuran diameter dan dugaan tinggi pohon penyusun tegakan, luas areal,

volume tegakan hutan, keadaan permudaan alam/tumbuhan bawah serta bentang lahan dari areal yang diinventarisasi.

Standar adalah spesifikasi teknis atau sesuatu yang harus dipedomani dalam melakukan kegiatan.

Survei adalah salah satu cara pelaksanaan inventarisasi hutan melalui kegiatan pengumpulan data dan informasi baik secara langsung maupun tidak langsung atau kombinasi keduanya untuk mengetahui kondisi sumber daya hutan dan lingkungan.

Survei Terrestris adalah salah satu teknik untuk mendapatkan informasi sumber daya hutan dan lingkungannya melalui pengumpulan data di lapangan.

Teknik sampling adalah cara pengambilan petak ukur di lapangan sebagai contoh dengan besaran intensitas tertentu.

Unit Pengelolaan Hutan adalah kesatuan pengelolaan hutan terkecil sesuai fungsi pokok dan peruntukannya yang dapat dikelola secara efisien dan lestari.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku teks siswa “ **Inventarisasi Hutan**” pada dasarnya membahas tentang kegiatan inventarisasi hutan tentang pengukuran dimensi pohon dan taksiran volume tegakan per Ha, yang tujuan akhirnya adalah untuk mengetahui dan memperoleh data serta informasi mengenai sumber daya dan potensi kayu dalam kawasan hutan. Pembahasan buku teks siswa kelas XI semester genap ini dimulai dari pengukuran dimensi pohon, serta menaksir volume kayu per hektar. Pengukuran dimensi pohon akan membahas tentang jenis-jenis alat pengukuran dimensi pohon, pengukuran diameter pohon, pengukuran tinggi pohon, pengukuran luas bidang dasar pohon, serta penutupan tajuk. Penentuan taksiran volume kayu per hektar akan membahas tentang perhitungan volume pohon, rekapitulasi volume pohon secara manual dan komputer, pengolahan data volume pohon dengan SIG, visualisasi hasil inventarisasi hutan dengan SIG, serta penentuan riap tegakan.

Buku teks siswa ini merupakan buku teks siswa secara khusus karena berisi tentang pengetahuan-pengetahuan yang khusus menjelaskan tentang kegiatan pengukuran dimensi pohon dan taksiran volume tegakan per Ha. Selain itu, buku teks siswa ini juga berfungsi sebagai buku teks siswa kompetensi kejuruan bagi siswa agar lebih intensif mendalami dan mengembangkan ilmu dan pengukuran dimensi pohon dan taksiran volume tegakan per Ha. Setelah buku teks siswa inidikuasai maka siswa diharapkan mampu secara tepat menjelaskan dan melakukan pengukuran dimensi pohon, serta menentukan taksiran volume kayu per hektar.

B. Prasyarat

Sebelum menguasai standar kompetensi ini siswa harus telah menguasai standar kompetensi khususnya terutama terhadap seluruh komponen Dasar Kompetensi Kejuruan.

C. Petunjuk Penggunaan Buku teks siswa

1. Petunjuk Bagi Siswa

Agar dapat berhasil dengan baik dalam menguasai buku teks siswa ini, maka siswa diharapkan mengikuti petunjuk penggunaan buku teks siswa sebagai berikut:

a. Buku teks siswa ini merupakan satu kesatuan yang utuh sehingga dapat menggambarkan Standar Kompetensi (SK) yang harus dikuasai oleh siswa .
b. Buku teks siswa ini terdiri dari 4 (empat) materi pembelajaran yang telah diurutkan, mulai dari ruang lingkup perisalahan (inventarisasi hutan) sampai dengan menentukan taksiran volume kayu per hektar. Empat pembelajaran tersebut yaitu: Ruang Lingkup Perisalahan (Inventarisasi Hutan), Metode Perisalahan (Inventarisasi Hutan) ini sudah terdapat pada buku satu (semester ganjil), sedangkan Pengukuran Dimensi Pohon, serta Menaksir Volume Kayu Per Hektar baru akan anda pelajari.
c. Masing-masing materi pembelajaran dari buku teks siswa ini memuat komponen tujuan pembelajaran, uraian materi pembelajaran, refleksi , tugas, dan tes formatip.
d. Bacalah semua bagian dari buku teks siswa ini dari pembelajaran pertama sampai pembelajaran terakhir. Jangan melewatkan salah satu bagian pembelajaran. Siswa agar terlebih dahulu menuntaskan pembelajaran pertama terlebih dahulubaru kemudian melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

e. Pemahaman secara mendalam tentang bahasan dari buku teks siswa ini, siswa harus membaca secara berulang-ulang dan sungguh-sungguh terhadap seluruh materi dalam menuntaskan pembelajaran.
f. Materi atau tugas yang belum dimengerti oleh siswa , konsultasikan dengan guru pengampu.
g. Gunakan sumber belajar lain : internet, buku-buku yang direferensikan dalam daftar pustaka agar dapat lebih memahami materi pembelajaran dalam buku teks siswa ini.
h. Waktu pembelajaran yang tercantum dalam buku teks siswa adalah jumlah Jam Pelajaran (JPL) yang tersedia dalam silabus. Untuk lebih memahami lebih mendalam materi pembelajaran dari buku teks siswa ini siswa dapat menggunakan waktu lain dengan menggunakan metode belajar mandiri (scientific learning).
i. Penguatan pemahaman terhadap materi pembelajaran disediakan juga materi tugas. Para siswa hendaknya menyelesaikan tugas tersebut sesuai dengan petunjuk yang diberikan.
j. Sebagai bahan pengecekan bagi siswa untuk mengetahui sejauh mana penguasaan hasil belajar yang telah dicapai, maka pada setiap materi pembelajaran disediakan materi tes formatip. Materi tes ini dalam bentuk tes tertulis yang harus diselesaikan oleh siswa .
k. Selanjutnya, untuk mengetahui sampai sejauh mana penguasaan seluruh materi pembelajaran oleh siswa , maka disediakan juga evaluasi. Evaluasi tersebut dalam bentuk Tes Kognitif, Tes Psikomotor serta Tes Sikap.
l. Lakukan diskusi kelompok sesama siswa atau dengan pihak-pihak yang dapat membantu dalam memahami isi buku teks siswa ini.
m. Apabila hasil belajar anda belum memenuhi tingkat penguasaan yang dipersyaratkan, anda diberi kesempatan mengulangi sebelum mempelajari kemampuan berikutnya. Untuk itu, pastikan dulu pada materi mana yang anda belum kuasai.

n. Pembelajaran dalam menunjang suatu kegiatan diperlukan fasilitas/sarana/prasarana pendukung antara lain adalah dokumentasi-dokumentasi cetak dan elektronik mengenai hutan rakyat serta perlengkapan siswa untuk kegiatan teori di kelas.

2. Petunjuk Bagi Guru

Agar proses pembelajaran dapat berhasil dengan baik sesuai dengan yang dipersyaratkan, maka para guru diharapkan mengikuti petunjuk penggunaan buku teks siswa sebagai berikut :

a. Optimal proses pembelajaran, maka perlu dilakukan pengorganisasian kegiatan belajar siswa secara individu atau kelompok.
b. Guru secara terus menerus membantu siswa dalam merencanakan proses belajar serta membimbing dan melayani siswa saat memulai tugas belajar.
c. Guru secara terus menerus melayani siswa berkonsultasi mengenai proses pembelajaran yang dilaksanakan.
d. Optimalisasi proses pembelajaran diharapkan guru menfasilitasi siswa dalam upaya penentuan dan akses fasilitas.
e. Guru melaksanakan penilaian kegiatan belajar siswa dan menginformasikan temuan hasil penilaian kepada siswa .
f. Hasil penilaian tersebut guru menugaskan pada siswa untuk melaksanakan program perbaikan, pengayaan serta jika sudah memenuhi tingkat penguasaan materi yang dipersyaratkan, guru melaksanakan evaluasi untuk mengukur ketuntasan belajar pada setiap kompetensi dasar dalam menggambarkan seluruh materi pembelajaran.
g. Pada akhir dari pembelajaran, guru merencanakan, menyiapkan instrumen serta melaksanakan evaluasi hasil belajar dalam rangka mengukur ketuntasan belajar pada setiap Kompetensi Dasar (KD) yang telah ditetapkan.

D. Tujuan Akhir

Tujuan akhir pembelajaran dari buku teks siswa ini adalah siswa mempunyai kemampuan untuk :

1. Mengukur dimensi pohon dengan benar dan tepat.

   Kemampuan yang harus dimiliki siswa:

   a. Menjelaskan jenis-jenis alat pengukur dimensi pohon sesuai dengan penggunaannya
   b. Mengukur diameter pohon
   c. Mengukur tinggi pohon
   d. Mengukur luas bidang dasar pohon
   e. Menentukan penutupan tajuk
2. Menentukan taksiran volume kayu per hektar.

   Kemampuan yang harus dimili siswa:

   a. Menghitung volume pohon
   b. Menghitung rekapitulasi volume pohon secara manual dan komputer
   c. Mengolah data volume pohon dengan program SIG
   d. Memvisualisasikan hasil inventarisasi hutan melalui program SIG
   e. Menentukan riap tegakan dengan formula tertentu

E. Standar Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

1. Kompetensi Inti

Kompetensi Inti adalah kualifikasi kemampuan minimal siswa yang menggambarkan penguasaan religious, sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang diharapkan dicapai setelah mempelajari buku teks siswa .

2. Kompetensi Dasar

Kompetensi dasar adalah sejumlah kemampuan yang harus dimiliki siswa dalam mata pelajaran "Melakukan Perisalahan (Inventarisasi Hutan)". Kompetensi dasar tersebut adalah:

a. Mengukur dimensi pohon
b. Menentukan taksiran volume kayu per hektar.

Paket Keahlian : Teknik Inventarisasi Dan Pemetaan Hutan
Mata Pelajaran : Inventarisasi Hutan
Kelas : Xi

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamal-kan ajaran agama yang dianutnya.	1.1 Mengamalkan ajaran agama yang dianutnya pada pembelajaran invetarisasi hutan sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia. 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang mengatur karakteristik hutan.
2. Menghayati dan mengamal-kan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (go-tong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan praktek dan berdiskusi. 2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan belajar di hutan dan melaporkan hasil kegiatan.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Menerapkan teknik sampling dalam inventarisasi hutan. 3.2 Menerapkan pengukuran dimensi pohon. 3.3 Menerapkan taksiran volume tegakan per Ha.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkrit dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Melaksanakan pembuatan unit contoh di lapangan. 4.2 Melaksanakan pengukuran diameter pohon, tinggi pohon, dan luas bidang dasar pohon. 4.3 Menyaji data taksiran volume tegakan per Ha hasil kegiatan inventarisasi hutan.

F. Cek Penguasaan Standar Kompetensi

Kemampuan awal bagi siswa terhadap materi pembelajaran dapat diketahui, berikut ini tersedia daftar pertanyaan yang harus dijawab.

Berilah check list t √ pada setiap uraian di dalam tabel berikut ini. Isilah sesuai dengan kemampuan anda yang sebenarnya.

NO.	KD	URAIAN	KRITERIA		KETERANGAN
			YA	TIDAK	
1.	II	Siswa dapat menjelaskan jenis-jenis alat pengukur dimensi pohon sesuai dengan penggunaannya	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
2.	II	Siswa dapat mengukur diameter pohon	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
3.	II	Siswa dapat mengukur tinggi pohon	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
4.	II	Siswa dapat mengukur luas bidang dasar pohon	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
5.	II	Siswa dapat menentukan penutupan tajuk	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
6.	III	Siswa dapat menghitung volume pohon	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
7.	III	Siswa dapat menghitung rekapitulasi volume pohon secara manual dan komputer	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
8.	III	Siswa dapat mengolah data volume pohon dengan program SIG	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
9.	III	Siswa dapat memvisualisasikan hasil inventarisasi hutan melalui program SIG	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !
10.	III	Siswa dapat menentukan riap tegakan dengan formula tertentu	◯	◯	Apabila anda menjawab YA, jelaskan dengan tepat !

Keterangan:

KD = Kompetensi Dasar

KD II = Mengukur dimensi pohon

KD III = Menentukan taksiran volume pohon per hektar

Nilai yang diperoleh siswa kemudian dikategorikan sesuai dengan tabel status penguasaan standar kompetensi di bawah ini:

Penguasaan Hasil Belajar	Tingkat Penguasaan	Kriteria	Tindak Lanjut
Belum Menguasai	< 70 %	kurang	Mengulangi proses pembelajaran 1 yang telah dipersyaratkan
Sudah Menguasai	70 % – 79 %	cukup	Penguatan dan Pengayaan dengan bimbingan guru
	80 % – 90 %	baik	Penguatan dan Pengayaan melalui belajar mandiri (Self Learning)
	> 90 %	baik Sekali	Mengerjakan lembar test yang tersedia pada pembelajaran 1

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1 : Menerapkan pengukuran dimensi pohon (64 JP)

A. Deskripsi

Salah satu alat yang digunakan untuk menentukan volume pohon adalah membaca tabel volume tegakan dengan mengetahui diameter atau tinggi pohon. Tabel volume pohon dapat disusun dan dibuat dengan melakukan pengukuran pada sebuah dimensi dasar dari sebuah lingkaran. Diameter batang didefinisikan sebagai panjang garis antara dua buah titik pada lingkaran di sekeliling batang yang melalui titik pusat (sumbu) batang. Diameter batang adalah dimensi pohon yang paling mudah diperoleh/diukur terutama pada pohon bagian bawah.

B. Kegiatan Pembelajaran

1. Tujuan Pembelajaran

Tujuan dari pembelajaran ini adalah :

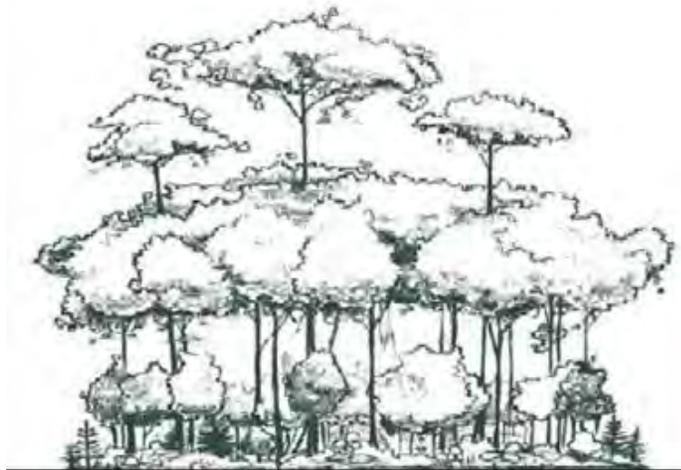
a. Siswa dapat menjelaskan jenis-jenis alat pengukuran dimensi pohon sesuai dengan penggunaannya.
b. Siswa dapat melakukan pengkuran diameter pohon
c. Siswa dapat mengukur tinggi pohon
d. Siswa dapat mengukur bidang dasar pohon, dan
e. Siswa dapat mengukur penutupan tajuk

2. Uraian Materi

Gambar 1. Peta Penataan Hutan

Perhatikan Gambar 1.

Apa yang anda ketahui tentang gambar peta diatas?

Secara visual apa yang anda lihat pada gambar?

Gambar 2. Penyebaran Tajuk Hutan

Bagaimana anda mendapatkan data ketinggian tajuk, pada gambar yang anda lihat?, alat-alat bantu apa yang dapat digunakan untuk mengukur keringgian tajuk tersebut! Begitu pula alat yang digunakan untuk mengukur dimeter!

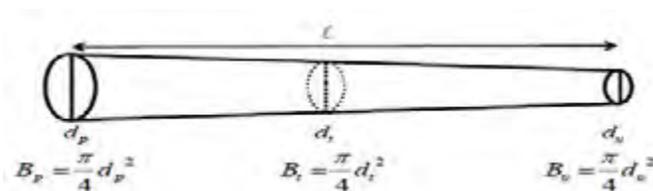
Sebelum memulai kegiatan pembelajaran yang lebih mendalam, sebaiknya anda mempelajari terlebih dahulu tentang komponen apa saja yang perlu diukur dalam pengukuran kayu berdiri dan alat-alat apa saja yang digunakan dalam mengambil data pengukuran pohon.

Perhatikan penjelasan dibawah ini

a. Dasar-dasar Pengukuran Batang

Pengukuran batang pada dasarnya diarahkan pada pengukuran diameter dan panjang batang, sedangkan besarnya volume bukan hasil langsung dari suatu pengukuran tetapi merupakan hasil perhitungan. Pengukuran tersebut dengan tujuan untuk memperkenalkan alat ukur sebagai berikut :

1) Alat ukur panjang, seperti meteran atau gala (tongkat ukur) yang diberi skala atau notasi-notasi ukuran.
2) Alat ukur diameter, yang terdiri dari meteran, pita ukur (pita pi atau pita diameter), garpu ukur dan kaliper.

Berhubung karena bentuk batang umumnya tidak selindris, maka untuk perhitungan volume batang biasanya diperlukan pengukuran diameter pada beberapa tempat atau paling tidak pada tiga tempat, yaitu pada pangkal (d**p**), tengah (d**t**) dan ujung (d**u**). Sehingga dapat diperoleh tiga nilai bidang dasar diantaranya bidang dasar pangkal (B**p**), bidang dasar tengah (B**t**) dan bidang dasar ujung (B**u**). Selanjutnya, volume pohon diperoleh dari hasil perkalian antara rata-rata bidang dasar pada penampang yang diukur dengan panjang batang (l). Lebih jelasnya, ukuran-ukuran batang secara skematis diperlihatkan pada Gambar 3.

Gambar 3. Dimensi Batang

Berdasarkan nilai-nilai hasil pengukuran yang telah disebutkan di atas maka dapat dihitung bolume batang antara lain dengan menggunakan tiga rumus pendekatan seperti dibawah ini :

1) Rumus Smallian : V = $\frac{1}{2}$ $(Bp + Bu)l$
2) Rumus Huber : V = Bt l
3) Rumus Newton : V = 1/6 (Bp + 4Bt + Bu) l

b. Dasar-Dasar Pengukuran Pohon Berdiri

Besaran volume pohon merupakan hasil perhitungan yang didasarkan atas hasil pengukuran diameter dan tinggi pohon (sebagai pengganti *panjang* pada batang), sehingga, yang dimaksudkan dengan pengukuran volume pohon adalah pengukuran komponen-komponen penyusun volume, yaitu *diameter* dan *tinggi.*

Pengukuran diameter pohon dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sama dengan alat ukur diameter batang. Namun pengukuran tinggi umumnya tidak dilakukan dengan pengukuran langsung seperti halnya pada pengukuran panjang batang, tetapi dilakukan dengan pengukuran tidak langsung, yaitu melalui penggunaan bantuan "prinsip-prinsip ilmu ukur sudut". Sebelum membahas lebih jauh tentang metode pengukuran tinggi, maka terlebih dahulu akan dipaparkan tentang pengukuran / perhitungan volume pohon.

Pengukuran diameter batang dengan mudah dapat dilakukan pada beberapa tempat, maka pengukuran diameter pohon (yang masih berdiri) cukup sulit dilakukan, kecuali jika pohon-pohon yang diukur tersebut dipanjat satu per satu. Mudah dipahami bahwa pengukuran melalui pemanjatan tersebut akan memerlukan waktu dan tenaga yang tidak sedikit, sehingga pelaksanaan kegiatan pengukuran menjadi tidak efisien. Sehubungan dengan itu maka pengukuran volume pohon umumnya hanya

dilakukan melalui pengukuran diameter pada ketinggian setinggi dada (disingkat : diameter setinggi dada) dan tinggi. Pengukuran diameter setinggi dada (diameter breast height) ini didasarkan pada alasan teknis semata, dan untuk standardisasi pengukuran tersebut ditetapkan pada ketinggian 1,3 meter. Beberapa negara (diantaranya Jepang) menetapkan bahwa ketinggian setinggi dada adalah identik dengan ketinggian 1,2 meter, sebagai pengganti ketinggian 1,3 meter.

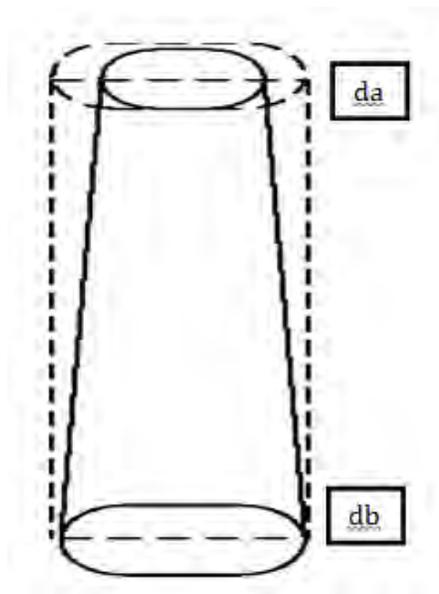
Pengukuran diameter atas (diameter ujung), biasanya tidak dilakukan. Sehubungan dengan hal tersebut maka 'angka bentuk' hanya dapat ditentukan melalui penaksiran atau berdasarkan pengalaman yang ada.

Selanjutnya, perhitungan volume pohon dilakukan dengan menggunakan suatu faktor pengali, yang dikenal dengan faktor bentuk atau angka bentuk. Faktor bentuk yang dimaksudkan adalah suatu nilai yang digunakan untuk mengoreksi volume selinder (yang berdiameter sama dengan diameter pohon pada ketinggian setinggi dada) menjadi volume pohon yang sebenarnya.

$$f = \frac{Vp}{Vs}$$

dimana : f = Angka bentuk atau faktor bentuk, yang biasanya bernilai lebih kecil dari 1.

V_s = Volume selinder (yang berdiameter sama dengan diameter pohon pada ketinggian setinggi dada)

Lebih jelasnya, ukuran-ukuran pohon secara skematis diperlihatkan pada Gambar 4.

Gambar 4. Dimensi Pohon

Keterangan :

d_a	=	diameter atas
db	=	diiameter bawah (diameter setinggi dada)
t	=	tinggi pohon
f	=	Vp/Vs
Vp	=	$\frac{\pi}{4}\frac{(da^2+db^2)}{2}$
Vs	=	$\pi/4\ (db^2)t$
f	=	$\frac{(da^2+db^2}{2\ db^2}$

Penaksiran angka bentuk dilakukan melalui pengukuran sejumlah pohon contoh yang sengaja ditebang untuk memungkinkan pengukuran volume aktual atau volume pohon yang sebenarnya. Pada tujuan penelitian, pengukuran dapat pula dilakukan dengan jalan memanjat pohon-pohon contoh. Pengukuran (khususnya *diameter atas* atau *diameter ujung)* dapat pula dilakukan dengan pengukuran tidak langsung dari suatu jarak tertentu, dengan menggunakan peralatan optik. Dalam banyak kesempatan,

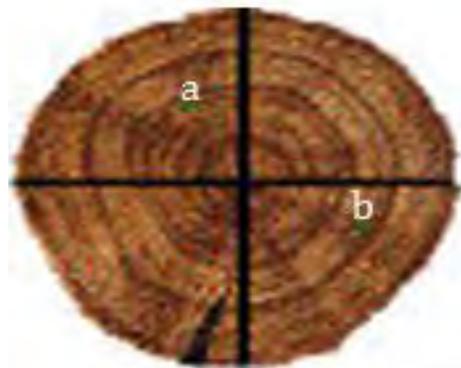
nilai angka bentuk hanya ditetapkan berdasarkan pengalaman cruiser (surveyor atau pelaksana inventarisasi atau pengukur) terdahulu. Nilai angka bentuk yang lazim digunakan, khususnya untuk pohon-pohon hutan alam, adalah sebesar 0,7 meskipun tidak tertutup kemungkinan bahwa pohon-pohon hutan alam tersebut banyak diantaranya yang mempunyai angka bentuk yang Iebih besar dari 0,7. Namun, tetap ada kemungkinan bahwa sebagian dari pohon-pohon tersebut akan mempunyai angka bentuk yang Iebih kecil dari 0,7.

Pada hutan-hutan tanaman yang dikelola secara intensif, khususnya pada tanaman yang dipangkas, nilai angka bentuk dapat mencapai 0,8 atau Iebih, sebagai akibat dari semakin selindrisnya pohon sehingga ukuran diameter ujung (diameter atas) semakin mendekati ukuran diameter pangkal (diameter bawah) pohon.

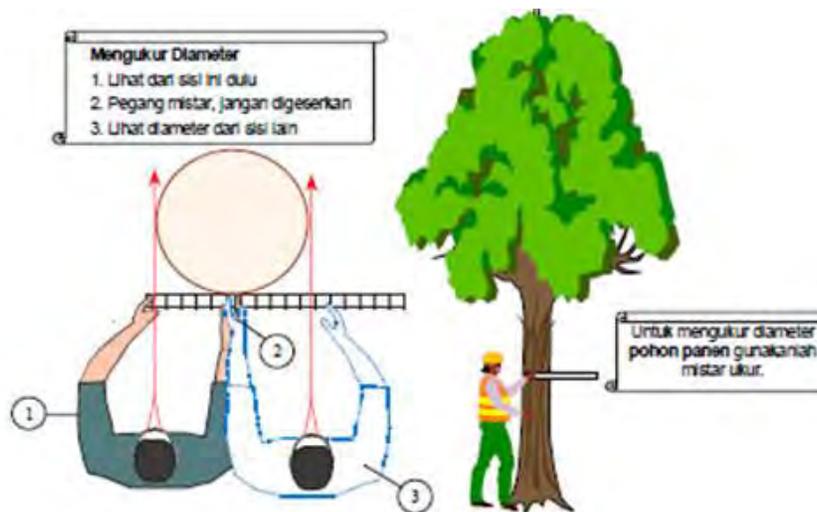
c. Pengukuran diameter pohon

Diameter merupakan salah satu parameter yang penting dalam pengumpulan data potensi hutan dan keperluan pengelolaan. Keterbatasan alat yang tersedia, seringkali pengukuran keliling lebih banyak dilakukan, baru kemudian dikonversi ke diameter (D) (Simon, 1993). Bentuk pohon pada umumnya mengecil kebagian ujungnya atau puncaknya (besar diameter makin ke ujung makin kecil). Tingkat ketelitian pengukuran diameter tergantung dari faktor-faktor seperti tingkat ketelitian yang diinginkan, alat ukur yang dipakai, cara pengukurannya, kecermatan dan keahlian tenaga pengukur, waktu dan biaya untuk pengukuran dan faktor-faktor lainnya (Suharlan dan Sudiono, 1975). Menurut Muhdin (2003), bahwa sekurangnya ada tiga alasan mengapa diameter diukur pada ketinggian setingi dada; alasan kepraktisan dan kenyamanan saat mengukur, yaitu pengukuran mudah dilakukan tanpa harus membungkuk atau berjingkat; pada kebanyakan jenis pohon ketinggian setinggi dada bebas dari pengatur banjir; umumnya memiliki hubungan yang cukup erat

dengan peubah-peubah (dimensi) pohon lainnya. Selain mudah diperoleh / diukur, dbh juga merupakan pohon yang akurasi datanya paling mudah dikontrol. Selain untuk keperluan pendugaan dimensi pohon lainnya, diameter setinggi dada (dbh) biasanya diukur sebagai dasar untuk keperluan perhitungan lebih lanjut, misalnya untuk menentukan luas bidang dasar dan volume.

Mengukur diameter pohon adalah mengukur panjang garis antara dua titik pada garis lingkaran batang yang melalui titik pusat. Bentuk batang pohon kebanyakan jarang yang berbentuk bulat/silendris, sehingga dalam menentukan diameter pohon perlu dilakukan pengukuran berulang-ulang pada posisi yang berbeda-beda, yaitu pada bagian dimana bagian batang pohon yang memiliki sumbu terpanjang dan pengukuran pada bagian sumbu terpendek kemudian hasillnya dirata-ratakan.

Gambar 5. Cara Pengukuran Diameter Pohon

Keterangan :

a. Pengukuran diameter pada sumbu terpendek
b. Pengukuran diameter pada sumbu terpanjang

Gambar 6. Cara Mengukur Diameter pohon dengan menggunakan Mistar

Data diameter pohon diperlukan dalam rangka menghitung luas bidang dasar (Lbds) dan volume sebagai penduga dimensi pohon atau menduga tegakan yang ada di dalam hutan untuk keperluan pengelolaan hutan. Selain itu juga berguna dalam pengaturan penebangan pohon dengan batas diameter tertentu, misalnya dalam aturan TPTI penebangan pohon diatur menurut jenis dan diameter tertentu.

Diameter memiliki hubungan persamaan dengan kelilingnya, yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \pi . d$$

atau

$$d = K/\pi$$

Keterangan :

K = Keliling
d = Diameter
π = 3,14

Berikut akan disampaikan mengenai kesepakatan dan aturan yang harus diikuti dalam mengukur diameter pohon berdiri, yaitu:

1) Diameter pohon diukur setinggi dada (diameter at breast heigh/Dbh).

   Di Indonesia atau negara-negara yang menggunakan pengukuran dengan system metric, diameter pohon normal diukur setinggi dada

yaitu diukur pada ketinggian 1,30 meter diatas permukaan tanah. Pengukuran diameter setinggi dada ini memiliki beberapa alasan, yaitu;

a) Pengukuran diameter pohon mudah dilakukan.
b) Pada umumnya pohon terbebas dari banir.
c) Pada ketinggian setinggi dada rasio perubahan diameter relatif kecil;

Gambar 7. Mengukur diameter pohon normal

2) Pohon dengan kondisi tidak normal diukur dengan ketentuan sebagai berikut :
   a) Pada pohon berbanir setinggi lebih dari 1,30 meter, diameter diukur pada ketinggian 20 cm di atas banir.

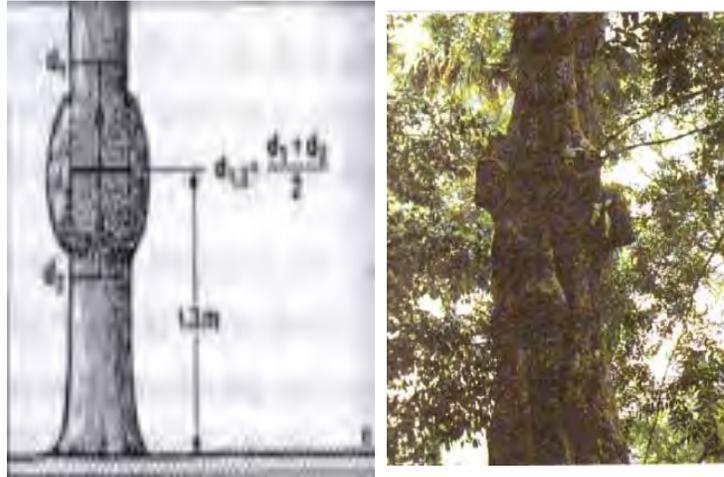
Gambar 8. Mengukur diameter pohon normal

b) Pada pohon dengan perakaran tinggi maka diameter diukur pada ketinggian 1,30 m di atas akar/pangkal batang.

Gambar 9. Mengukur diameter pohon dengan perakaran tinggi

c) Pada pohon yang mempunyai batang utama lebih dari satu di bawah ketinggian 1,3 m maka pohon tersebut tercatat mempunyai lebih dari satu ukuran diameter, masing-masing dicatat sebagai data diameter.

Gambar 10. Mengukur diameter pohon bercabang

d) Pada pohon yang batang utamanya membengkak atau mengecil pada ketinggian 1,30 meter, maka diameter diukur pada ketinggian 20 cm di atas batang yang bengkak/mengecil tersebut.

Gambar 11. Mengukur diameter pohon membengkak

3) Pohon yang tumbuhnya tidak tegak lurus atau miring maka pengukuran diameter dilakukan tegak lurus batang pada bagian arah kemiringan pohon setinggi 1,30 m;

Gambar 12. Mengukur diameter pohon miring

4) Pada pohon yang tumbuh di tempat miring maka pengukuran diameter dilakukan di sisi sebelah atas batang setinggi 1,3 m;

Gambar 13. Mengukur diameter yang tumbuh di tempat miring

5) Guna memperoleh data yang akurat, maka pengukuran perlu dilakukan lebih dari satu kali yaitu pengukuran diameter pada pada bagian terbesar dan pengukuran bagian diameter terkecil kecuali pengukuran dengan pita ukur diameter atau phi band. Diameter pohon adalah rata-rata dari dua kali pengukuran tersebut.

d. Pengukuran tinggi pohon

Tinggi pohon berdiri tidak selalu sama dengan panjang pohon tersebut sesudah rebah. Tinggi pohon berdiri dimaksudkan sebagai panjang proyeksi dari titik ujung pohon sampai ke tanah (Lembaga Penelitian IPB, 1985). Tinggi pohon didefinisikan sebagai jarak atau panjang garis terpendek antara suatu titik pada pohon dengan proyeksinya pada bidang datar. Istilah tinggi pohon hanya berlaku untuk pohon yang masih berdiri sedangkan untuk pohon rebah digunakan istilah panjang pohon (Muhdin, 2003). Mengukur diameter bagian atas batang, banyak alat-alat yang ada dan yang paling mahal dan canggih terutama akan bermanfaat dalam kondisi tertentu dan khususnya dalam beberapa inventarisasi hutan, namun pengukuran tidak langsung dengan hypsometer telah dipakai. Christen hypsometer adalah sangat murah dan alat yang mudah dibawa dan dianjurkan untuk inventarisasi hutan jika tingkat kecermatan yang

diminta tidak terlalu tinggi. Kegiatan inventarisasi hutan dikenal beberapa macam pengukuran tinggi pohon yaitu;

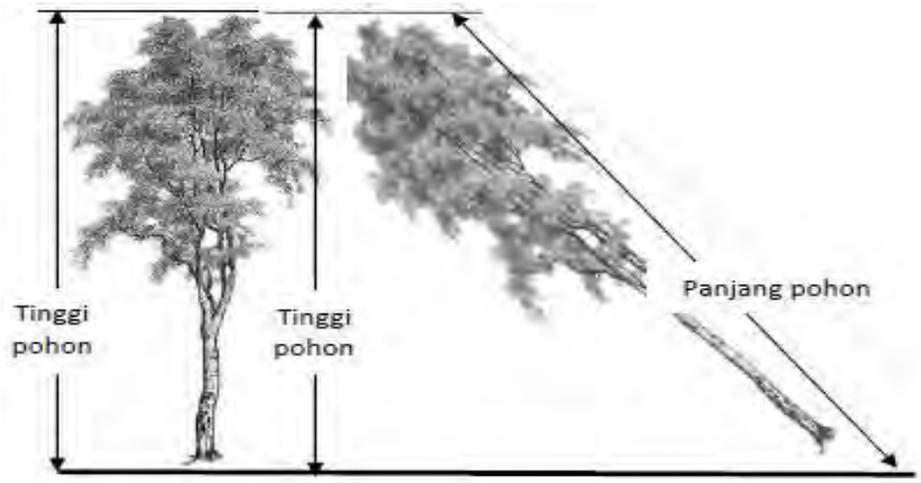
1) Tinggi pohon total, yaitu tinggi pangkal pohon dari permukaan tanah hingga puncak pohon.
2) Tinggi bebas cabang atau permukaan tajuk, yaitu tinggi pohon dari pangkal batang hingga cabang pertama yang membentuk tajuk.
3) Tinggi batang komersial, yaitu tinggi batang pada saat itu laku dijual dalam perdagangan. (Dephut, 1992).

Tinggi pohon diukur dari permukaan tanah atau pangkal pohon sampai dengan ketinggian tertentu. Tinggi adalah jarak vertikal antara titik pangkal dengan pucuk pohon (Gambar 14). Tinggi yang diukur mencakup:

1) Tinggi total yaitu tinggi sampai dengan puncak tajuk.
2) Tinggi bebas cabang diukur sampai dengan cabang pertama, tinggi bebas cabang disebut juga tinggi kayu pertukangan.
3) Tinggi sampai dengan batas banir.

Cara pengukuran tinggi yang digunakan pengukuran secara tidak langsung dengan menggunakan alat ukur tinggi.

Di sini perlu keseksamaan dalam melakukan pembidikan, sebab apabila salah maka akan mendapatkan angka tinggi yang salah pula. Selain itu perlu ketepatan dalam pengukuran jarak bagi alat ukur yang menggunakan jarak datar, misalnya Haga hypsometer. Berkaitan dengan alat ukur tinggi, maka dikenal ada 2 (dua) macam yaitu alat ukur tinggi atas dasar prinsip:

1) Trigonometri atas dasar unsur jarak datar dan sudut pandang pengukuran (Haga hypsometer).
2) Goniometri atau segitiga sebangun (Chrystenmeter, Clinometer).

Gambar 14. Tinggi Pohon Vs Panjang Pohon

Berdasarkan prinsip geometri dan trigonometri, tinggi pohon berdiri dapat dihitung menggunakan rumus:

Untuk Tinggi Total

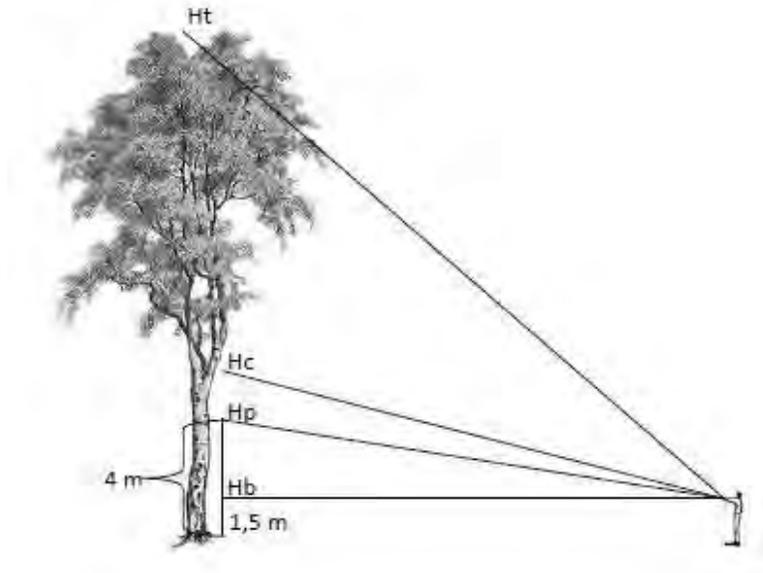
$$H = \left[\left(\frac{\%Ht - \%Hb}{\%Hp - \%\,Hb}\right) X\ 2{,}5\right] + 1{,}5$$

Untuk Tinggi Bebas Cabang

$$Hbc = \left[\left(\frac{\%Hc - \%Hb}{\%Hp - \%\,Hb}\right) X\ 2{,}5\right] + 1{,}5$$

Keterangan :

H	=	tinggi total hasil pengukuran
Hbc	=	tinggi bebas cabang hasil pengukuran
%Ht	=	bacaan pada tinggi total
%Hc	=	bacaan pada tinggi bebas cabang
%Hb	=	bacaan pada pangkal
%Hp	=	bacaan pada ujung galah

Secara visual, cara pengukuran untuk mendapatkan informasi tinggi pohon berdiri menggunakan rumus tersebut disajikan pada Gambar 15. Pengukuran dapat dilakukan menggunakan alat ukur tinggi seperti clinometer dan galah bantu dengan ukuran tertentu (pada rumus tersebut menggunakan galah bantu dengan panjang 4 m).

Gambar 15. Cara pengukuran tinggi pohon

Lembar Kerja : Pengukuran Tinggi Pohon

Alat = meteran phi band, Christinmeter/clinometer, Galah, Alat tulis menulis

Bahan = Pohon berdiri

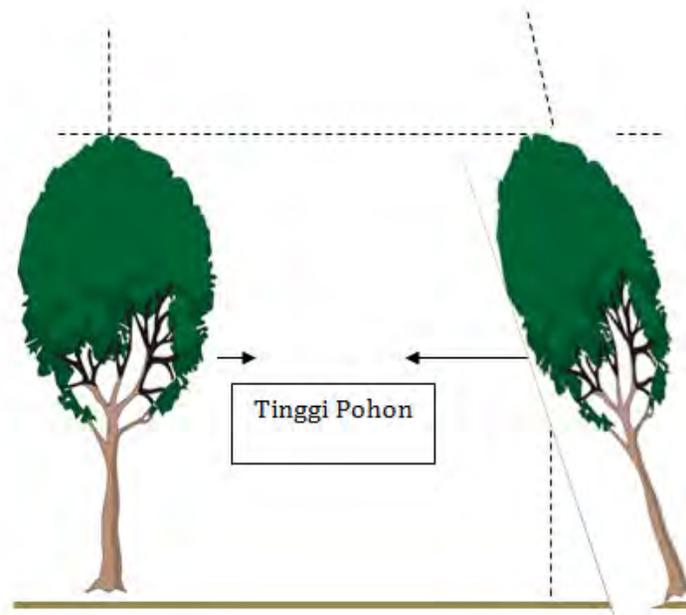
Cara Kerja

1) Buat kelompok bersama sebanyak empat orang
2) Pilih tegakan pohon berdasarkan ketinggian yang berbeda
3) Ukur tinggi pohon dengan menggunakan alat clinometer/haga meter (menggunakan scala %)
4) Ukur bidang datar/jarak antara pengukur dan pohon
5) Catat hasil pengamatan anda dalam tabel di bawah ini
6) Hasil data yang anda peroleh hitung dan diskusikan bersama
7) Buat laporan dan presentasikan di depan kelas

Tabel 1. Tally Sheet Data Pengukuran Tinggi Pohon

No. Klaster	No. Plot	No. Pohon	Jenis Pohon	Ht (%)	Hc (%)	Hb (%)	Hp (%)	Hbc (m)	H (m)
01	01	1							
		2							
		3							
		4							
		Dst							
	02	1							
		2							
		3							
		4							
		Dst							

Tinggi pohon merupakan jarak terpendek antara titik tertinggi dari pohon terhadap proyeksinya pada bidang datar. Mengukur tinggi pohon, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

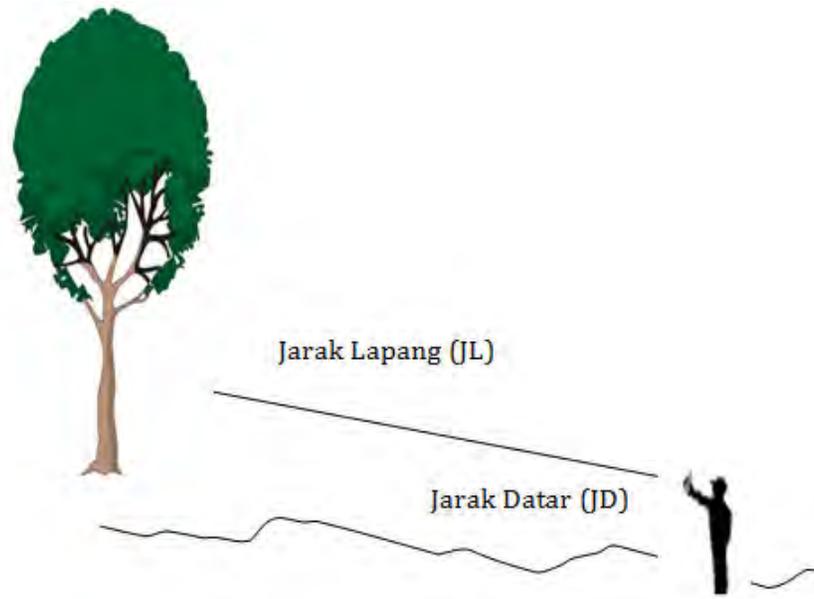
1) Tinggi pohon merupakan proyeksi dari batang pohon yang diukur mulai dari batas pangkal sampai dengan batas ujung batang pohon tersebut. Sebagai ilustrasi perhatikan gambar dibawah ini (gambar 16).

Gambar 16. Tinggi pohon tegak lurus dan miring

2) Pemenuhian kebutuhan tertentu, titik atas tinggi pohon ditentukan berdasarkan tujuan inventarisasi hutan, adapun keperluan kegiatan ITSP digunakan titik atas pada bebas cabang pertama, sedangkan pengukuran tinggi pohon untuk keperluan penentuan bonita tanah digunakan titik atas puncak pohon. Klasifikasi tinggi pohon:
   a) Tinggi total, merupakan jarak antara titik pucuk pohon dengan proyeksinya pada bidang datar.
   b) Tinggi bebas cabang, merupakan jarak antara titik lepas dahan atau lepas cabang atau batas tajuk dengan proyeksinya pada bidang datar.
   c) Tinggi sampai batas diameter tertentu, bergantung dari tujuan dan kegunaan.

- Tinggi kayu pertukangan (timber/merchantable height)
- Tinggi kayu tebal

d) Pada pohon conifer (contoh: pinus); tinggi sampai diameter 7 cm atau 10 cm

e) Identik dengan kayu pertukangan untuk jenis conifer.

3) Pengukuran tinggi pohon dengan alat ukur pohon dengan prinsip trigonometri memerlukan jarak ukur tertentu dimana jarak tersebut adalah jarak datar. Pada daerah berlereng, untuk mendapatkan jarak ukur (jarak datar) antara pengukur dengan pohon yang diukur tingginya maka harus diberikan koreksi jarak lapang. Berikut disajikan ilustrasi pengukuran pada daerah berlereng, perhitungan jarak datar dan jarak lapang (gambar 17).

Gambar 17. Pengukuran tinggi pohon pada daerah berlereng.

Jarak datar dapat diperoleh dengan mengkonversi jarak lapangan terhadap jarak datar melalui rumus sebagai berikut :

$$JD = JL \cos \alpha$$

Dimana :

JL = Jarak Lapang

JD = Jarak Datar

α = Sudut Kelerengan

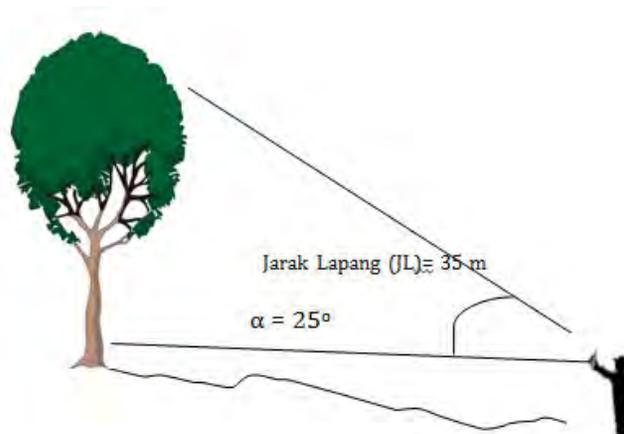
Contoh : Apabila anda sebagai juru ukur dalam pengambilan data, anda diminta untuk mengukur ketinggian pohon yang kebetulan lokasi daerah berdirinya pohon berlereng. Anda mendapatkan data dari pengukuran tersebut jarak kemiringan 35 m, dan sudut yang di dapatkan adalah 25^o. Diskusikan secara kelompok berapa jarak datar yang ada dapatkan!

Diketahui Jarak miring/jarak lapang = 35 m, $\alpha = 25^o$, lihat gambar 18

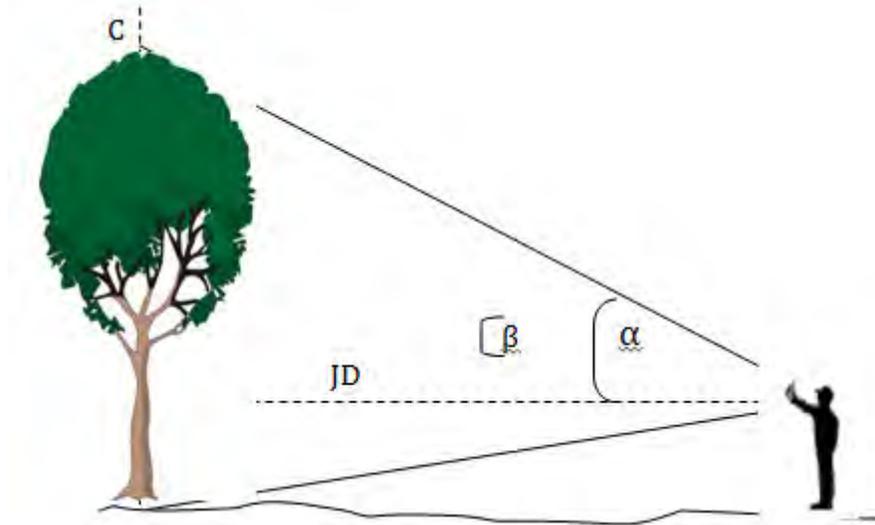
Jawab : $JD = JL \cos \alpha$

$= 35 \times \cos 25^o$

$= 35 \times 0.9063$

$= 31.72$ m

Gambar 18. Pengukuran tinggi pohon pada daerah berlereng

4) Pengukuran dengan prinsip trigonometri juga perlu memperhatikan kedudukan pohon yang diukur terhadap pengukurnya. Berikut beberapa model kedudukan pohon yang biasa terjadi di lapangan serta perhitungannya, yaitu :

   a) Pada daerah mendatar

Gambar 19. Pengukuran tinggi pohon pada daerah mendatar

Pada daerah mendatar tidak memerlukan koreksi jarak lapang, karena jarak lapang sama dengan jarak datar. Bidikan terhadap pangkal pohon bernilai negatif sedangkan bidikan terhadap ujung pohon bernilai positif.

Tinggi Pohon (AC) = AB + BC

AB = JD . Tg β .... negative

BC = JD . Tg α .... positif

(AC) = AB + BC

AC = JD . Tg β + JD . Tg α

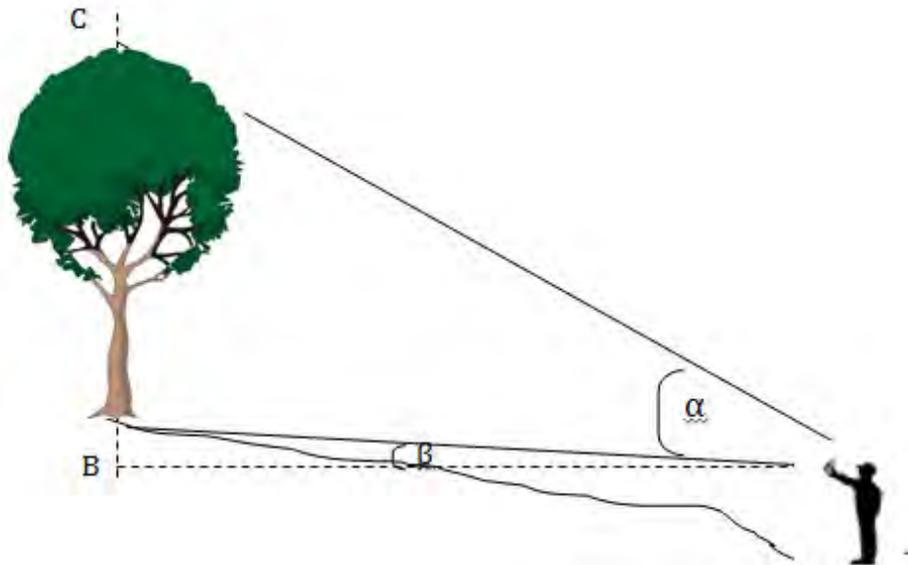
AC = JD (Tg β + Tg α)

Contoh : Ada sebuah kasus data pengukuran ketinggian pohon dilokasi datar adalah sebagai berikut :

No.	Pandang Negatif		Pandang Positif		Tinggi Pohon
	JD	Tg β	JD	Tg α	
1	30	15	48	30	
2	25	15	50	35	
3	25	15	60	30	

Hitunglah tinggi pohon dari ketiga data diatas!, kerjakan secara kelompok kalau belum paham tanyakan kepada kelompok lain, dan apabila anda masih belum paham tanyakan kepada guru!

b) Pada daerah miring (pengukur lebih rendah dari pohon yang diukur)

Pada daerah miring diperlukan koreksi jarak lapang menjadi jarak datar. Bidikan terhadap pangkal pohon bernilai positif, sedangkan bidikan terhadap ujung pohon bernilai positif.

Gambar 20. Pengukuran tinggi pohon pada daerah miring

Tinggi Pohon (AC) = BC - AB

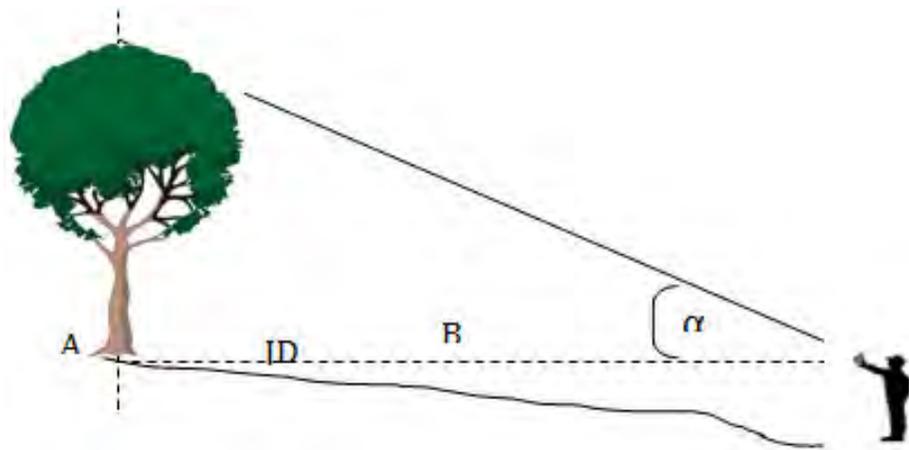
AB = JD . Tg β …………………. positif

BC = JD . Tg α …………………. positif

AC = BC - AB

AC = JD . Tg α - JD . Tg β

$$AC = JD\ (Tg\ \alpha - Tg\ \beta)$$

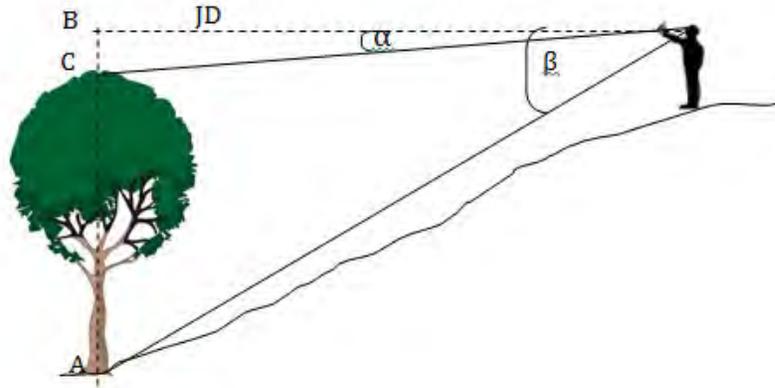
c) Pada daerah miring (pengukur tepat pada pangkal pohon)

Gambar 21. Pengukuran tinggi pohon pada daerah mendatar

Pada daerah miring dimana pandangan pengukur tepat pada pangkal pohon, maka diperlukan koreksi jarak lapang menjadi jarak datar. Bidikan terhadap ujung pohon bernilai positif, sedangkan bidikan terhadap pangkal pohon tidak ada atau karena nilainya sama dengan nol.

Tinggi Pohon (AC) = AB

$$AC = JD\ .\ Tg\ \alpha$$

…………………. positif

d) Pada daerah miring (pengukur lebih tinggi dari pohon yang diukur)

Gambar 22. Pengukuran tinggi pohon pada daerah miring

Pada daerah miring diperlukan koreksi jarak lapang menjadi jarak datar. Bidikan terhadap pangkal pohon bernilai negatif dan bidikan terhadap ujung pohon bernilai negatif.

Tinggi Pohon (AC) = AB - BC

AB = JD . Tg β ....negatif

BC = JD . Tg α .... negatif

AC = AB - BC

AC = JD . Tg β - JD . Tg

AC = JD (Tg β - Tg α)

5) Hal-hal yang harus diperhatikan pada saat mengukur tinggi pohon, agar tidak terjadi kesalahan ukur yang dapat mengakibatkan ketidakakuratan data yang dikumpulkan. Sumber-sumber kesalahan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

a) Kesalahan alat:

- Pembagian skala kurang teliti atau kurang lengkap
- Tingkat ketelitian alat yang kurang baik
- Kedudukan alat waktu pengukuran tidak tepat

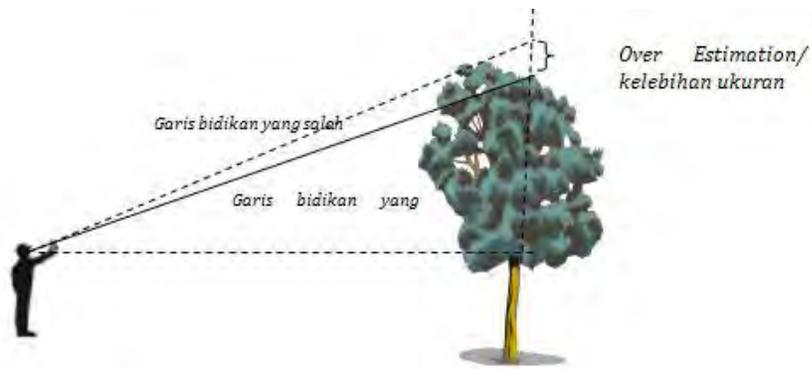
b) Kesalahan tenaga pengukur

- Pengukur kurang berpengalaman (kurang terampil)
- Pengukuran dilakukan terburu-buru

c) Kesalahan karena faktor lingkungan:

- Faktor fisik/topografi areal yang berat,
- Iklim (hujan, angin, panas),
- Tumbuhan bawah dan faktor lainnya yang kurang mendukung.

d) Kesalahan akibat posisi pohon:

- Tajuk terlalu tebal, menyebabkan salah menentukan puncak pohon sehingga hasil pengukuran "overestimate" atau terjadi kelebihan pengukuran.

Gambar 23. Kesalahan akibat posisi pohon

- Pohon berdiri miring yang bisa menyebabkan "overestimate" atau "underestimate"

Gambar 24. Pohon miring mengakibatkan kesalahan ukur

6) Kesalahan pengukuran tinggi dapat diperkecil melalui, maka ada beberapa cara yang bisa dilakukan, antara lain:
   a) Tentukan arah kemiringan pohon, kemudian tarik garis khayal dari pangkal pohon mengikuti arah batang. Tarik poyeksi dari puncak pohon terhadap bidang mendatar.
   b) Perkirakan titik proyeksi puncak pohon pada bidang datar di tanah, sehingga sewaktu membidik ke pangkal pohon maka titik inilah yg dibidik dan bukannya pangkal pohon itu sendiri
   c) Lakukanlah pengukuran pada waktu yg tepat atau pada saat cuaca mendukung, pilih areal yg tepat, lakukan pembabatan tumbuhan bawah untuk menghindari kesalahan karena faktor lingkungan.
   d) Perbanyaklah latihan menggunakan alat ukur tinggi untuk meningkatkan kemampuan.

7) Data Tinggi pohon dapat dipergunakan untuk ;
   Penentuan volume pohon :
   ($v = ¼ .\pi .d^2 .h. f$)
   a) Penentuan kualitas tempat tumbuh suatu tegakan (bonita), yang ditentukan berdasarkan hubungan antara umur dengan peninggi (rata-rata 100 pohon tertinggi dalam luasan 1 ha)
   b) Menggambarkan struktur tegakan vertikal (kelas ketinggian tajuk) : dominan, kodominan dan tertekan.

Lembar Kerja siswa

Lembar Kerja : Pengukuran Pohon dengan alat sederhana (Busur Derajat).

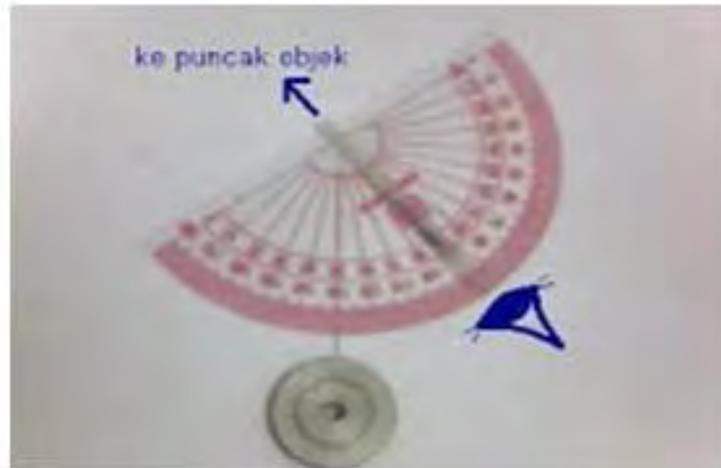
Bahan : Pohon berdiri di halaman sekolah

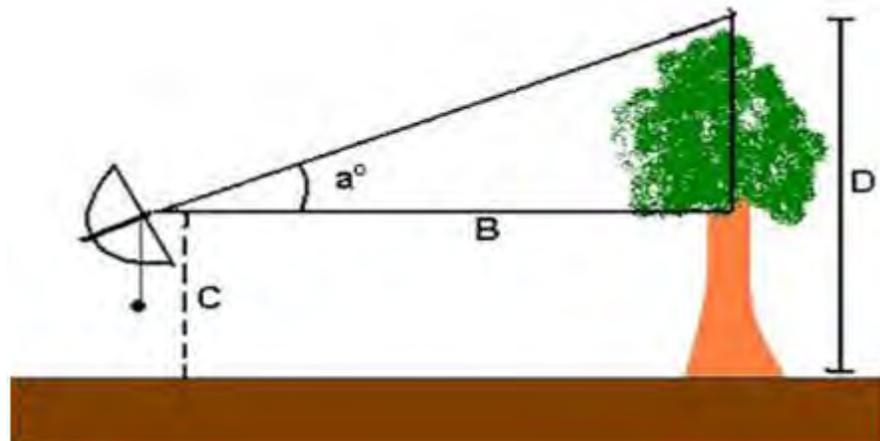
Lem

Alat : 1. Busur Derajat

2. Benang/tali
3. Pemberat
4. Meteran (phi band)
5. Alat Tulis
6. Pipa diameter 0.7 cm/sedotan

Langkah Kerja

1) Buat Kelompok belajar maksimal 4 orang.
2) Memodifikasilah alat busur derajat, pipa, benang dan bandul yang sudah kita siapkan.
    a) Busur yang akan digunakan dibuat seperti gambar disamping, agar saat membidik puncak objek, dapat mengetahui ketinggian objek tersebut. (dalam derajat).
    b) Bandul dibuat dari benda yang berat, agar tidak mudah bergoyang-goyang. Tetapi juga jangan terlalu berat, karena nanti talinya bisa putus.
    c) Pada sudut 90 derajat ditempeli sedotan yang tegak lurus untuk tempat membidik objek.
    d) Cara menggunakannya adalah dengan membidik puncak suatu objek melalui sedotan, maka dengan sendirinya tali akan menunjukkan sudut ketinggian objek.

Gambar 25. Alat sederhana mengukur ketinggian pohon dengan menggunakan busur derajat

3) Lalu bagaimana cara mengukur tingginya? Lihat gambar di bawah ini (gambar 26).

Gambar 26. Cara mengukur ketinggian pohon dengan meng-gunakan busur derajat

a) Satu kelompok yang terdiri 4 orang, siapkan satu orang untuk melihat ketinggian pohon yang sudah anda pilih.
b) Dua orang memegang meteran untuk mengukur jarak datar dari juru ukur hingga posisi pohon berdiri, dan satu orang mencatat hasil pengukuran.

c) Tinggi objek (D) dapat kita hitung dengan rumus trigonometri sederhana.

D = B x Tan A + C

Keterangan :

D = Tinggi Objek/pohon berdiri

B = Jarak objek terhadap pengamatan.

T = Tangen a (Tg α)

A(α) = Sudut Puncak Objek terhadap pengamatan

C = Tinggi Pemgamatan

4) Catat data pengamatan anda dalam table di bawah ini :

Tabel 1. Hasil Pengamatan tinggi pohon dengan alat busur derajat.

No.	Jenis Pohon	Jarak B m	Tg α	Tinggi Pengamat (C) / m	Tinggi Objek (B)
1.		30	40^o	1.3	?
2.		25	35^o	1.3	?
3.					
4.					
5.					
dst					

Contoh Perhitungan 1

Diketahui :

Sudut puncak objek Tg α = 40 derajat

Jarak objek dari pengamat B = 30 meter

Tinggi pengamat adalah C = 130 cm/ 1.3 m

Penyelesaian:

D = B x Tan α + C

= 30 x Tan 40 + 1,3

= 30 x 0,84 + 1,3

= 25,2 + 1,3

= 26,6 meter

Jadi tinggi objek adalah **26,8 m**

Contoh Perhitungan 2

Sudut puncak objek Tg α = 40 derajat

Jarak objek dari pengamat B = 25 meter

Tinggi pengamat adalah C = 130 cm/ 1.3 m

Penyelesaian:

D = B x Tan α + C

= 25 x Tan 35 + 1,3

= 25 x 0,70 + 1,3

= 17.5 + 1,3

= 18.81 meter

Jadi tinggi objek adalah **18,81 m**

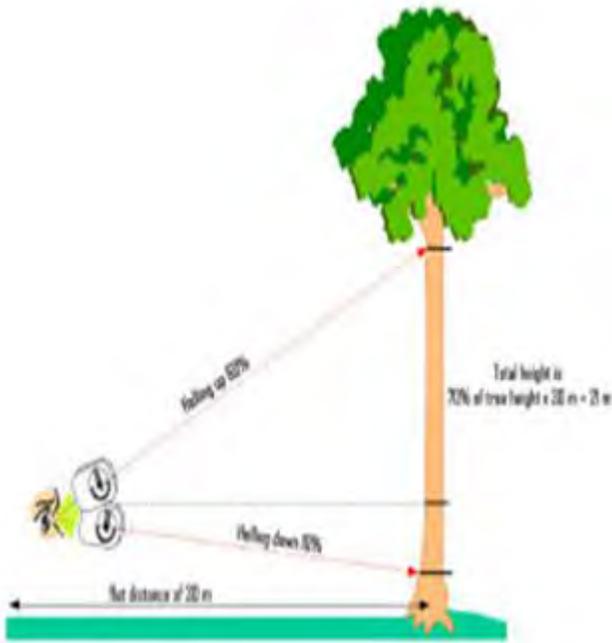
Lembar Kerja 2 : Cara Menghitung Tinggi Pohon Dengan Metode Trigonometri

Bahan : Pohon berdiri di halaman sekolah

Alat : 1. Klinometer
2. Meteran (phi band)
3. Alat Tulis
4. Pipa diameter 0.7 cm/sedotan

Langkah Kerja

1) Buat Kelompok belajar maksimal 4 orang.
2) Tinggi pohon adalah jarak tegak antara puncak pohon terhadap permukaan tanah. Istilah tinggi pohon hanya berlaku untuk pohon yang masih berdiri, sedangkan untuk pohon rebah digunakan istilah panjang pohon.
3) Pengukuran tinggi pohon dengan alat meteran dan klinometer apabila pangkal pohon di bawah mata pengukur dan di atas pengukur.
4) Ukur jarak datar dari pohon ke pengukur; jarak pohon dengan pengukur kurang lebih sama dengan tingginya pohon yang diukur; untuk pohon besar jaraknya 20 atau 30 meter. Pengukur harus dapat melihat dengan jelas pangkal dan ujung batang pohon yang diukur.
5) Ambil helling ke titik pemotongan atas dengan menggunakan klinometer dalam satuan % dan catat hasilnya.
6) Ambil helling ke titik pemotongan bawah dan catat hasilnya (dalam satuan %).
7) Hitunglah tinggi pohon dengan menggunakan rumus seperti pada contoh berikut :

Tinggi Pohon = (helling ke atas + helling ke bawah) x Jarak Data (gambar 27).

Gambar 27. Pengukuran tinggi Pohon dengan menggunakan Alat Klinometer

8) Catat data pengamatan anda dalam table di bawah ini :

   Tabel 2. Hasil Pengamatan tinggi pohon dengan alat Klinometer.

No.	Heling Atas (%)	Heling Bwh (%)	Jarak Datar (m)	Tinggi Objek (B)
1.	60	10	30	?
2.	70	15	54	?
3.				
4.				

9) Hitung hasil pengamatan anda secara berkelompok
10) Buatlah laporan secara terstuktur dan presentasikan di depan kelas yang dibimbing oleh guru pengajar.

    Contoh perhitungan hasil pengamatan 1.

    Diketahui :

    jarak datar = 30 m

    helling ke atas = 60 %

helling ke bawah = 10% (karena pangkal pohon berada di bawah dari mata pengukur)

Hitung :

Tinggi Pohon = (helling ke atas + helling ke bawah) x Jatak Datar

= (60 % + 10 %) X 30 m

= 70% X 30 m

= 21 m

Cintoh perhitungan hasil pengamatan 2.

Diketahui :

jarak datar = 54 m

helling ke atas = 70 %

helling ke bawah = 15 % (karena pangkal pohon berada di bawah dari mata pengukur)

Hitung :

Tinggi Pohon = (helling ke atas + helling ke bawah) x Jatak Datar

= (70 % + 15 %) X 54 m

= 85% X 54 m

= 45.9 m

e. Pengukuran luas bidang dasar Tegakan

Pengukuran bidang dasar tegakan biasa dilakukan dengan cara sampling point. Posisi pengukur berdiri pada titik pusat lingkaran yang dibuat secara khayal pada saat membidik dan menghitung pohon dalam lingkaran yang masuk dalam hitungan. Pembidikan pohon dilakukan pada letinggian 1,3 meter.

Pengukuran bidang dasar tegakan sebaiknya digunakan peraturan-peraturan umum statistika untuk penentuan petak ukur.

f. Pengukuran Diameter Tajuk

Tajuk adalah keseluruhan bagian tumbuhan, terutama pohon, perdu, atau liana, yang berada di atas permukaan tanah yang menempel pada batang utama. Pengertian lainnya juga mencakup batang/sumbu, terutama apabila tumbuhan itu berupa semak atau terna. Kanopi terbentuk dari satu atau lebih tajuk tumbuhan yang melingkupi suatu area.

Istilah tajuk dipakai biasanya untuk menggambarkan morfologi atau ekologi suatu komunitas pepohonan.

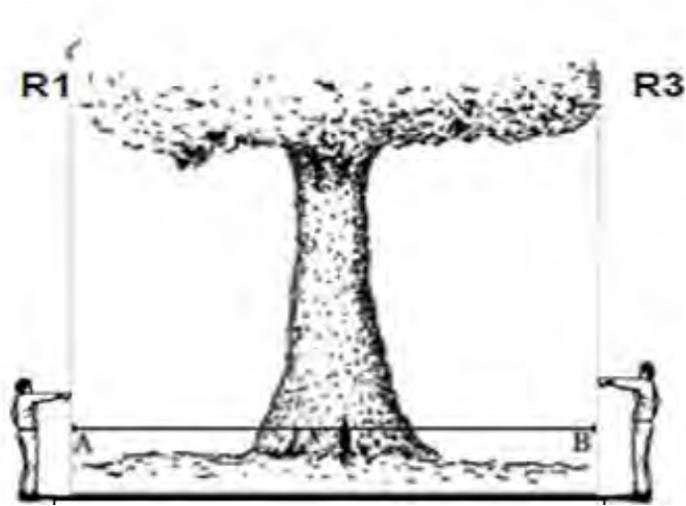
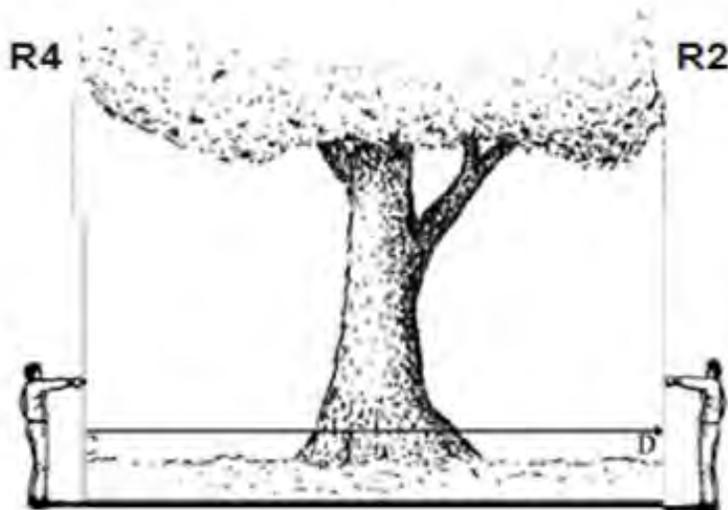
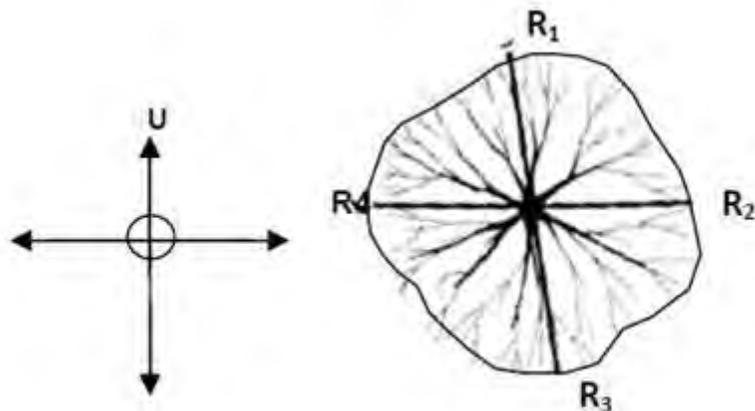
Bentuk tajuk bermacam-macam dan sering kali khas untuk kelompok tumbuhan tertentu. Bentuk itu ditentukan oleh proses adaptasi dan bagaimana suatu individu bertahan hidup di tempat tumbuhnya. Pengukuran terhadap tajuk dipakai untuk mendekati kesehatan suatu tumbuhan dan efisiensi fotosintesis yang dilakukannya.

Diukur dengan cara "Improvised technique" (Fellizar, 1976), yaitu dengan menetapkan satu titik sebagai pusat tajuk pada permukaan tanah, dari titik tersebut dibuat garis ke utara, selatan, timur dan barat sampai pada tetes batas tajuk. Panjang rata-rata garis tersebut sama dengan diameter tajuk.

Pohon-pohon tropis pengukuran diameter tajuk dilakukan sebanyak 2 (dua) kali dengan posisi saling tegak lurus. Secara teknis, pengukuran diameter tajuk dilakukan dengan mengukur jari-jari tajuk pohon sebanyak 4 (empat) kali dan saling tegak lurus menurut 4 (empat) arah mata angin utama (Utara, Timur, Selatan, Barat).

Cara pengukuran diameter tajuk pada arah tampak samping dapat dilihat pada

Gambar 28a, 28b dan pada arah tampak atas dapat dilihat pada Gambar 29. Pengukuran diameter tajuk ini harus diperhatikan posisi tajuk yang terlebar sebagai patokan awal pengukuran diameter atau jari-jari tajuknya

dan selanjutnya diukur posisi diameter tajuk yang tegak lurus terhadap posisi pertama, sehingga diperoleh 4 (empat) jari-jari tajuk (R1, R2, R3 dan R4). Pencatatan (R1, R2, R3 dan R4) dimulai dari Utara kemudian Timur, Selatan dan Barat, dengan maksud untuk mempermudah.

Gambar 28. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Utara dan Timur

Gambar 29. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Dari Selatan Barat

Gambar 30. Pengukuran Dimensi Tajuk Tampak Dari Atas

Pengukuran diameter tajuk ini akan mengalami kesulitan kalau kita mengukurnya secara langsung. Cara yang paling mudah dengan mengukur bayangannya di atas tanah dengan meteran. Kelemahannya ketika cuaca mendung, bayangan itu tidak akan nampak. Kita juga dapat mengukurnya dengan menjulurkan galah pada tajuk terluar dan mengukur jaraknya dari pohon.

g. Pengukuran Volume Tegakan

Tegakan adalah kumpulan dari sejumlah pohon, dengan demikian pengukuran volume tegakan berarti pengukuran volume dari pohon-pohon penyusun tegakan sehingga sekaligus bermakna pengukuran diameter dan tinggi puhon penyusun tegakan.

Berdasarkan tingkat kesaksamaan dalam pelaksanaannya, maka pengukuran volume dapat dibedakan atas :

1) Pengukuran diameter dan tinggi semua pohon
2) Pengukuran diameter semua pohon, tetapi pengukuran tinggi hanya dilakukan pada sejumlah pohon terwakili.
3) Pengukuran diameter dan tinggi hanya dilakukan secara terbatas pada pohon-pohon yang mewakili.

Pengukuran diameter dan tinggi semua pohon diukur dengan menggunakan rumus volume, sedangkan volume tegakan adalah jumlah dari volume semua pohon penyusun tegakan.

$$\boldsymbol{V1 = b1\ X\ t1\ X\ f}$$

$V = \sum V1;$

Keterangan

V = Volume tegakan (m^3)

V1 = volume pohon ke i (m^3)

b1 = Luas bidang dasar pohon ke i (m^2)

t1 = tinggi pohon ke i (m)

f = angka bentuk pohon, yang dalam hal ini biasanya digunakan angka bentuk rata-rata.

Selaian melalui perhitungan, penetapan volume pohon dapat pula ditetapkan dengan menggunakan tabel volume atau tarif volume yaitu tabel yang membuat hubungan antara volume dengan diameter dan tinggi, sedang tarif volume atau biasa juga disebut Tabel Volume lokal (karena penggunaannya bersifat lokal) adalah tabel yang menggambarkan hubungan antara Volume dan diameter pohon. Tabel volume untuk kondisi dimana pengukuran diameter dan tinggi hanya dilakukan secara terbatas pada pohon-pohon yang mewakili, maka dihitung volume tegakan dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1) Perhitungan tinggi rata-rata untuk setiap kelas diameter.
2) Perhitungan volume untuk setiap kelas diameter dengan rumus

$$\mathbf{vk = nk \times bk \times tk \times f}$$

3) Perhitungan volume tegakan dengan rumus

$$\mathbf{V = \sum vk}$$

dimana :

v**k** = Volume pohon-pohon untuk kelas diameter tertentu.

Bk = Jumlah luas bidang dasar pohon untuk kelas diameter tertentu (∑bki)

Tk = Tinggi rata-rata dari pohon-pohon untuk kelas diameter tertentu

F = Angka bentuk pohon, yang dalam hal ini biasanya digunakan angka bentuk rata-rata, tetapi tidak jarang pula dipakai angka bentuk yang berbeda pada masing-masing kelas diameter, jika informasi tentang hal ini tersedia.

Selanjutnya, pada kondisi dimana pengukuran diameter dan tinggi hanya dilakukan secara terbatas pada pohon-pohon pewakil, panaksiran volume tegakan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung volume pohon-pohon pewakil. Luas seluruh tegakan adalah A, luas areal dimana pohon-pohon pewakil adalah a, dan volume pohon-pohon pewakil adalah v, maka volume keseluruhan pohon dalam tegakan (V) dapat ditaksir dengan menggunakan rumus :

$$V = \frac{A}{a}\ X\ v$$

Pengukuran pohon-pohon pewakil ini biasanya dilakukan pada sejumlah satuan contoh (sampling unit), sehingga dapat dihitung nilai volume untuk masing-masing satuan contoh. Nilai-nilai tersebut akan bervariasi (berbeda satu sama lainnya). Jadi mudah dipahami bahwa nilai yang diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus diatas, dapat berbeda dengan volume atau potensi hutan yang sebenarnya, tergantung dari ketepatan dalam pemilihan satuan-satuan contoh atau pewakil yang diukur. Berdasarkan kenyataan inilah maka nilai yang diperoleh melalui penggunaan Rumus diatas, perlu dikoreksi dengan suatu bilangan yang merupakan taksiran kesalahan yang mungkin terjadi.

Pada Tabel 4. diberikan contoh hasil pengukuran diameter dan tinggi semua pohon, dan pada Tabel 5 dipaparkan contoh hasil pengukuran pohon yang dirinci menurut kelas diameter.

Tabel 3. Hasil pengukuran diameter dan tinggi pohon

No.	Diameter(cm)	Tinggi (m)	Volume (m^3)
1.	34	16	1,02
2.	49	18	2,37
3.	43	19	1,93
4.	38	15	1,19
5.	45	20	2,23
6.	58	23	4,25
7.	35	16	1,08
8.	47	17	2,06
9.	53	22	3,40
10.	32	17	0,96
11.	41	21	1,94
12.	55	21	3,49
13.	36	16	1,14
14.	57	20	3,57
15.	52	19	2,82
16.	56	22	3,79

Tabel 4. Rekapitulasi hasil pengukuran tegakan yang dirinci menurut kelas diameter.

No	Kelas Diameter	Jumlah Pohon	Tinggi, tk	Volume, Vk
1.	30 — 40	5	16	5,38
2.	40 — 50	5	19	10,58
3.	50 - 60	5	21	17,46
Jumlah		15	56	33,42

h. Alat-Alat pengukuran pohon

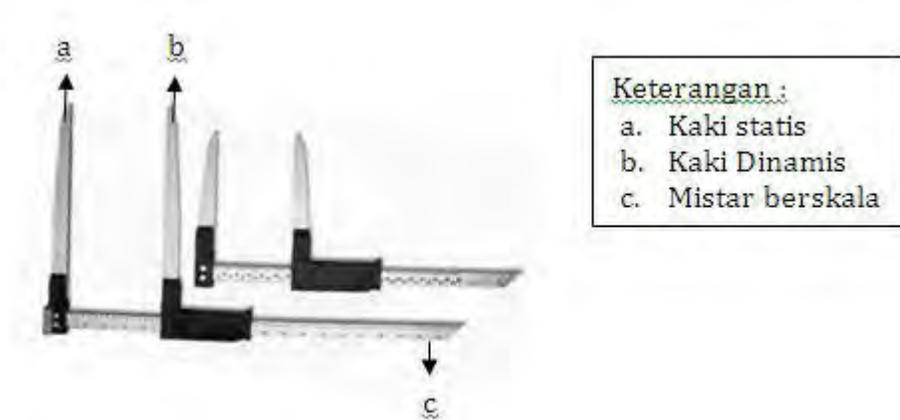
1) Alat Ukur Diameter Pohon

Alat ukur diameter dapat dikelompokkan berdasarkan cara kerja dan komponen alatnya, yaitu alat ukur diameter sederhana dan alat ukur diameter optic. Contoh alat ukur diameter sederhana yaitu : caliper, garpu pohon, pita diameter dan Biltmore Stick, sedangkan contoh alat ukur diameter optik adalah Spiegel Relaskop.

a) Caliper

Caliper dapat digunakan untuk mengukur diameter kayu berdiri dan kayu rebah dengan hasil pengukuran yang cukup baik. Caliper ini berbentuk mistar berskala dan berkaki dua yang tegak lurus pada mistar, dimana salah satu kakinya terletak diujung mistar dan tidak dapat digerakkan (kaki statis), sedangkan kaki lainnya dapat digerakkan menyusuri mistar (kaki dinamis). Skala mistar terbagi dalam satuan ukuran menurut system metric terkecil. Alat ini terbuat dari kayu atau logam (gambar 31).

Gambar 31. Macam-macam alat ukur diameter

Gambar dan bagian-bagian caliper ditampilkan pada gambar 32.

Gambar 32. Caliper dan bagian-bagianya

Cara menggunakan caliper :

- Geser kaki dinamis menjauhi kaki statis, sehingga membentuk celah.
- Apitkan dan tekan kedua kaki caliper pada batang pohon yang akan diukur diameternya dalam keadaan posisi horizontal/tegak lurus terhadap batang pohon.
- Pembacaan diameter dilakukan terhadap angka pada mistar berskala yang ditunjukkan/berimpit dengan kaki dinamis.
- Pengukuran yang lebih teliti akibat oleh penampang lintang batang kayu yang tidak silindris dapat diperoleh melalui pengukuran yang dilakukan dua kali dengan posisi yang berbeda, yaitu pada bagian terkecil dan bagian terbesar kemudian hasilnya dirata-ratakan (gambar 33).

Gambar 33. Cara Menggunakan Caliper

Pada saat melakukan pengukuran diameter pohon ternyata penampang lintang batang kayu yang berbentuk lonjong (ellips), berukuran 65 dan 80 cm. Pengukuran hanya dilakukan sekali sehingga akan terjadi kemungkinan hasil pengukurannya adalah hanya 65 cm atau 80 cm. Akan tetapi jika pengukuran dilakukan dua kali yaitu hasil pengukuran pertama 65 cm dan hasil pengukuran kedua 80 cm, maka diameter rata-ratanya adalah sebesar (65 + 80)/2 = 72,5cm.

Alat ini mempunyai kelebihan dan kekurangan, sebagai berikut :

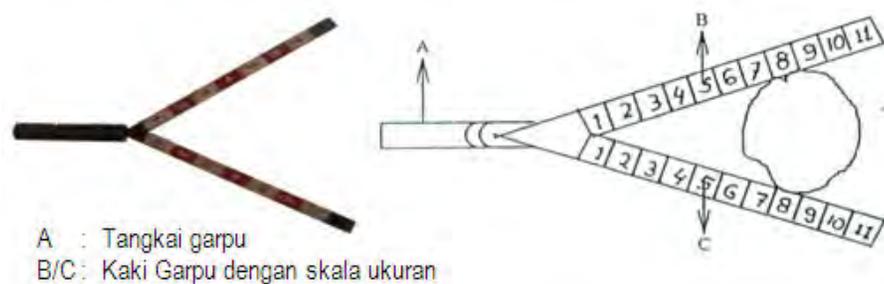
- Kelebihan
  - Pengukuran tidak memakan waktu yang lama
  - Pembacaan skalanya mudah
  - Ketelitiannya cukup tinggi
- Kekurangan
  - Alat cukup besar sehingga kurang praktis untuk dibawa
  - Terbatas pada diameter tertentu

- Apabila pengukuran dilakukan pada tegakan hutan yang bergetah, maka getah akan menempel dan mengganggu pergerakan kaki alat

b) Garpu Pohon

Garpu pohon merupakan alat ukur diameter pohon yang bentuknya seperti huruf ”V” atau garpu berkaki dengan sudut tertentu, dilengkapi dengan tangkai sebagai pegangan. Pada kedua kaki terdapat skala ukuran dengan interval tertentu. Garpu pohon dapat dibuat sendiri, bahan dari logam atau kayu.

Pengukuran diameter dengan menggunakan garpu pohon hanya terbatas pada diameter tertentu, terutama pohon yang berdiameter kecil saja mengingat bentunya yang sederhana. Hasil ukuran dalam bentuk kelas diameter, karena diameter terukur dalam bentuk interval sehingga ketelitiannyapun kurang. Keperluan pengukuran dimana diameter tiap-tiap pohon diukur secara teliti, maka alat ini tidak cocok digunakan.

Gambar dan bagian-bagian garpu pohon ditampilkan pada gambar 34.

Gambar 34. Garpu pohon dan bagian-bagiannya

Cara menggunakan Garpu Pohon (gambar 34a):

Penggunaan garpu pohon adalah sebagai berikut :

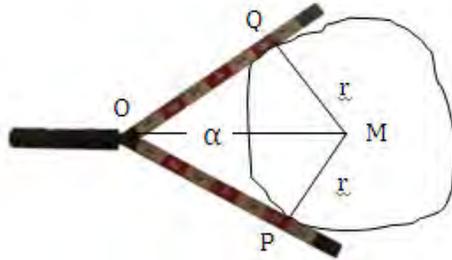
- Jepitkan kedua kaki garpu puhon sambil ditekan ke batang pohon yang diukur.
- Posisi garpu pohon horizontal atau tegak lurus terhadap batang pohon.
- Besarnya diameter ditunjukkan oleh skala angka pada kaki garpu yang menempel dengan batang pohon, dikalikan dengan besaran interval.
- Lakukan pengukuran berulang pada diameter terkecil dan terbesar agar mendapatkan hasil pengukuran yang lebih teliti, dengan hasil akhir dirata-ratakan.

Gambar 35. Cara menggunakan garpu pohon

Sebagai contoh pada pengukuran pohon didapatkan pohon bersinggungan dengan kaki garpu pada skala kelima. Interval yang digunakan adalah 4 cm, maka diameter pohon tersebut terletak antara 15 dan 20 cm.

Gambar 36. Cara menggunakan garpu pohon

Cara Pembuatan Skala :

Garis OP dan OQ adalah titik singgung antara garpu pohon dan batang pohon, dimana menunjukkan kelas diameter. Pada pangkal garpu terbentuk sudut dengan besaran tertentu. OQM=OPM = segi tiga siku-siku (gambar 35) .

Gambar 37. Pembuatan skala pada garpu pohon

Pada segitiga OPM :

PM = r = jari-jari, r = ½ d, MOP = ½ α

$\text{tg } \frac{1}{2} \alpha = \frac{MP}{OP} = \frac{\frac{1}{2} d}{OP}$ OP x tg ½ α = ½ d

$$OP = \frac{\frac{1}{2} d}{tg \frac{1}{2} \alpha} = \frac{1}{2} d \; Ctg \frac{1}{2} \alpha$$

Contoh :

Sebuah garpu pohon dibuat dengan interval kelas diameter sebesar 5 cm dengan sudut kaki garpu adalah 60^0. Pembuatan skalanya adalah sebagai berikut :

OP = ½ x d x ctg ½

= ½ x d x ctg ½ 60^0

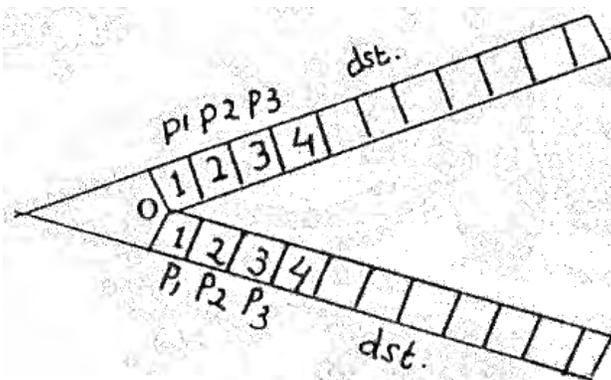
= ½ x d x ctg 30^0

= ½ x d x 1,732

= 0,866 d

Tabel 5. Data Pengukuran Diameter Pohon Nenggunakan garpu Pohon

No.	Kelas Diameter	OP
1.	0 - 5 cm	OP1 = 0, 866 X 5 = 4,33 cm
2.	5 - 10 cm	OP2 = 0, 866 X 10 = 8,66 cm
3.	10 - 15 cm	OP3 = 0, 866 X 15 = 12,99 cm
4.	15 - 20 cm	OP4 = 0, 866 X 20 = 17,32 cm
5.	20 - 25 cm	OP5 = 0, 866 X 25 = 21,65 cm

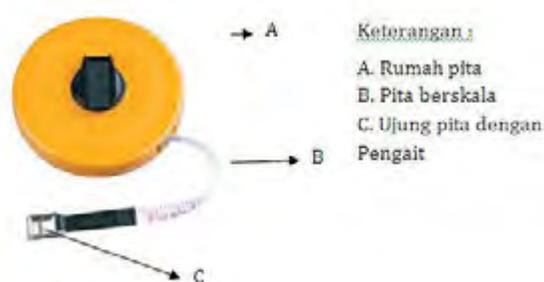
Pembuatan skala nilai OP kedalam alat adalah sebagai berikut :

1. Interval 1 = Jarak OP 1 = 4,33 cm
2. Interval 2 = Jarak OP 2 = 8,66 cm
3. Interval 3 = Jarak OP 3 = 12,99 cm
4. Interval 4 = Jarak OP 4 = 17,32 cm
5. Interval 5 = Jarak OP 5 = 21,65 cm, dst

Garpu pohon mempunyai kelebihan dan kekurangan, sebagai berikut :

- Kelebihan
  - Penggunaan alat relatif mudah
  - Alat dapat dibuat sendiri
- Kekurangan
  - Terbatas pada diameter tertentu
  - Ketelitian kurang karena diameter terhitung dalam interval
  - Ukuran cukup besar, tidak praktis dibawa ke hutan
  - Pengukuran perlu dilakukan 2 kali

c) Pita Ukur Diameter (Phiband)

Pita Ukur Diameter atau disebut juga dengan Phiban, yaitu alat yang berfungsi sebagai pengukur diameter. Satuan ukur yang dipakai metric dan inggris. Material pita yang digunakan biasanya terbuat dari kain, fiber glass, atau baja. lebar kurang lebih 12,5 mm.

Gambar dan bagian-bagian pita ukur diameter ditampilkan pada gambar 36.

Gambar 38. Pita ukur diameter dan bagian-bagiannya

Penentuan diameter didasarkan pada pengukuran keliling batang pohon, dengan anggapan bahwa penampang lintang batang kayu berbentuk lingkaran, dan dihitung melalui persamaan sebagai berikut :

$$K = \pi . d$$

K = keliling

π = 3,141592654

d = diameter

Contoh :

Pada pengukuran pohon dengan pita keliling adalah 31,40 cm. Berapa diameter pohon tersebut ?

$$d = \frac{k}{\pi} = \frac{31,40}{3,141592654}$$

= 9,99 = 10 cm

Cara menggunakan Pita Ukur Diameter :

Penggunaan pita diameter adalah sebagai berikut :

- Pita diameter dililitkan pada batang pohon yang akan diukur diameternya.
- Lilitan pita melingkar dan menempel pada batang pohon dengan posisi horizontal/tegak lurus terhadap batang pohon.
- Diameter batang dapat dibaca pada skala diameter yang berimpit dengan titik nol.

Gambar 39. Cara menggunakan Pita Ukur Diameter

Pita Ukur Diameter pohon mempunyai kelebihan dan kekurangan, sebagai berikut :

- Kelebihan
    - Alat sederhana, berukuran kecil sehingga mudah dibawa.
    - Harganya relatif murah.
    - Kecermatan hasil pengukuran cukup baik.
    - Dapat digunakan pada kayu yang kotor atau basah.
    - Pengukuran cukup dilakukan satu kali.
- Kekurangan
    - Agak sulit apabila pengukuran pada batang pohon berukuran besar.
    - Pengukuran memberikan hasil lebih besar dari keadaan yang sebenarnya mengingat bentuk batang pohon bervariasi.

Cara Pembuatan Skala diameter pada Pita Ukur Diameter:

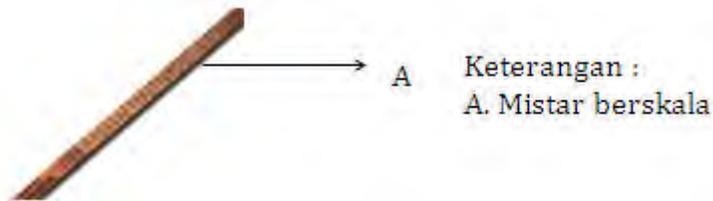
Berdasarkan persamaan diatas, maka dapat dibuatkan skala diameter pada pita ukur dengan perhitungan keliling dan diameter sebagai berikut :

Tabel 7. Skala Perhitungan Keliling Dan Diameter

Keliling (cm)	15,70	18,84	21,98	25,12	28,26	31,40	Dst
Diameter (cm)	5	6	7	8	9	10	Dst

Tabel di atas dapat diketahui bahwa diameter 5 cm dibuat pada pita dengan jarak 15,70 cm dari titik nol, diameter 6 cm dibuat pada pita dengan jarak 18,84 cm dari titik nol, diameter 7 cm dibuat pada pita dengan jarak 21,98 cm dari titik nol dan seterusnya.

d) Biltmore Stick

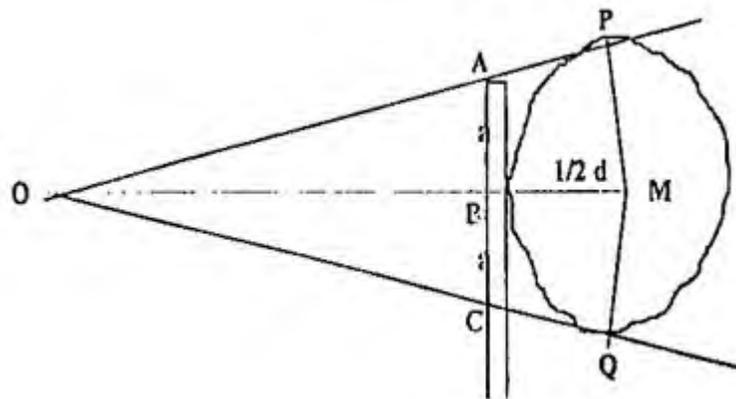
Biltmore Stick berupa mistar yang berskala diameter, umumnya terbuat dari kayu.

Gambar 40. Bilmore stick dan bagian-bagiannya

Cara Menggunakan Bilmore Stick:

- Bilmore Stick dipegang dengan sebelah tangan, tegak lurus lurus dan menempel pada batang pohon yang akan diukur.
- Jarak mata dengan alat sejauh jangkauan tangan si pengukur.
- Besarnya diameter batang pohon dibaca dari skala diameter pada alat yang berimpit dengan bagian sisi batang pohon.

Gambar 41. Cara menggunakan Bilmore Stick

Cara Pembuatan Skala diameter pada Pita Ukur Diameter:

Berdasarkan penggunaan alat bilmore stick dapat dibuatkan skala dengan gambaran sebagai berikut :

Gambar 42. Prinsip Kerja Biltmore Stick

Lihat segi tiga OBA dan OPM

Δ OBA $\approx$ Δ OPM

OB : BA = OP : PM

S : a = OP : ½ d

OP = $\sqrt{OM^2 - PM^2}$

OP = $\sqrt{(S + 1/2d)^2 - (1/2d)^2}$

OP = $\sqrt{S^2 + 1/2Sd + 1/4d^2 + 1/2Sd - 1/4d^2}$

OP = $\sqrt{S^2 + Sd}$

S : a = OP : ½ d

a.OP = S.½ d

$$a = \frac{S.1/2d}{OP} = \frac{1/2S.d}{\sqrt{S^2 + Sd}}$$

$$= \frac{1/2S.d}{\sqrt{S^2(1 + d/S)}} = \frac{1/2S.d}{S\sqrt{1 + d/S}}$$

$$a = \frac{1/2d}{\sqrt{1 + d/S}}$$

AB = BC = a

AC = 2a

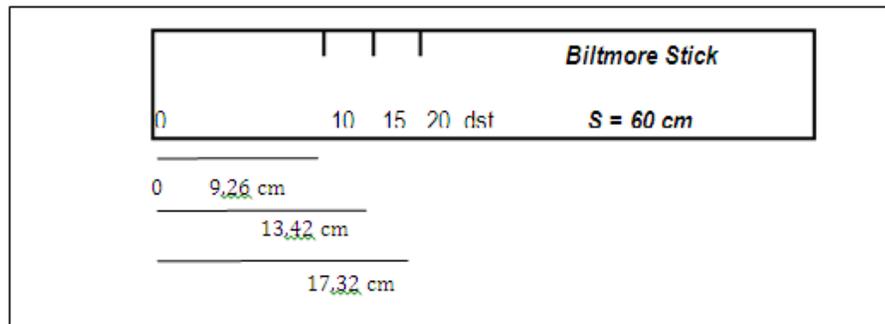
$$AC = 2.\frac{1/2d}{\sqrt{1 + d/S}}$$

$$\boxed{AC = \frac{d}{\sqrt{1 + d/S}}}$$

Contoh perhitungan skala:

Sebuah Biltmore Stick dibuat dengan S = 60 cm, maka pembuatan skala alatnya adalah :

Skala alat :

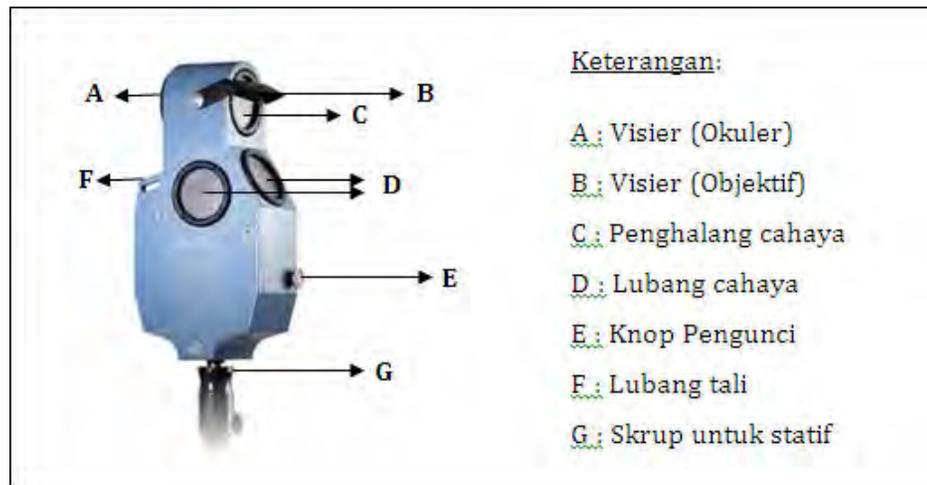
- d = 10 → $AC = \frac{10}{\sqrt{1 + 10/60}} = 9{,}26\ cm$
- d = 15 → $AC = \frac{15}{\sqrt{1 + 15/60}} = 13{,}42\ cm$
- d = 20 → $AC = \frac{20}{\sqrt{1 + 20/60}} = 17{,}32\ cm$, dst.

Gambar 43. Skala Biltmore Stick

Alat Bilmore Stick mempunyai kelebihan dan kekurangan, sebagai berikut :

- Kelebihan
  - Alat cukup sederhana, dapat dibuat sendiri.
  - Harganya relatif murah.
  - Mudah dan cepat dalam penggunaannya.
- Kekurangan
  - Ketelitian alat kurang begitu teliti terutama apabila skala dalam bentuk interval.
  - Pengukuran harus dilakukan 2 kali.

e) Spiegel Relaskop

Spiegel relaskop merupakan alat pengukur diameter pohon pada berbagai ketinggian yang tergolong kedalam alat optik. Selain untuk mengukur diameter, spiegel relaskop juga dapat digunakan untuk mengukur bidang dasar pohon atau tegakan, tinggi pohon, jaran dan kemiringan lereng.

Gambar dan bagian-bagian spiegel relaskop ditampilkan pada gambar 44.

Gambar 44. Bagian-bagian spiegel relaskop

Penggunaan Spiegel Relaskop pada dasarnya menghendaki lapangan yang relatif datar. Pengukuran dimensi pohon pada hutan tanaman masih dapat dikatakan tidak mengundang kendala, namun pada hutan rimba sering menghadapi kendala. Tingkat kerapatan umumnya relatif tinggi dengan sebaran yang tidak teratur, apalagi berada pada kondisi lahan yang bergelombang atau berbukit. Kendala dimaksud adalah saat pengukuran diameter batang dengan permukaan lahan yang miring.

Skala pengukuran dapat dilihat melalui celah pada bagian okuler, apabila digambarkan akan terlihat seperti gambar 43.

Keterangan :
a = skala untuk mengukur tinggi dengan jarak ukur 20 m
b = skala untuk mengukur diameter dan bidang dasar dengan BAF = 1
c = skala untuk mengukur diameter dan bidang dasar dengan rumus
BAF = $p^2/16$ (p = banyaknya strip yang digunakan)
d = skala untuk mengukur diameter, bidang dasar dan jarak (secara horizontal) dengan BAF = 4
e = skala untuk mengukur tinggi dengan jarak ukur 25 m
f = skala untuk mengukur tinggi dengan jarak ukur 30 m
g = skala untuk mengukur diameter dan bidang dasar dengan BAF = 2
h,I,j,k = skala untuk mengukur jarak berturut-turut 30 m, 25 m, 20 m dan 15 m dengan metode vertical basis

Gambar 45. Skala pengukuran alat Spiegel relaskop

Prinsip pengukuran menggunakan alat Spiegel Relaskop adalah mengukur besarnya skala area (Based Area Factor) pada alat yang berimpitan terhadap penampakan batang pohon. BAF yang biasa digunakan ada tiga jenis, yaitu BAF 1, BAF 2 dan BAF 4. Pengukuran diameter diukur berdasarkan perbandingan antara diameter dan jarak dari skala BAF yang digunakan. Rumusan yang biasa digunakan untuk menentukan besaran diameter adalah:

- BAF = 1 → ∅ : S = 1 : 50
- BAF = 2 → ∅ : S = 1 : 25√2
- BAF = 4 → ∅ : S = 1 : 25

dimana :

BAF = Based area factor;

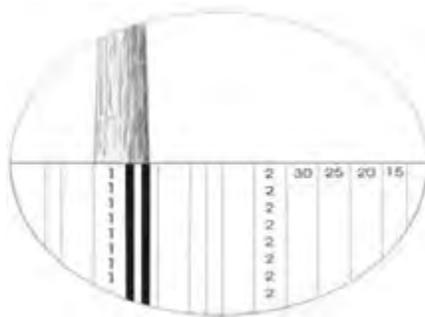
∅ = Diameter

S = Jarak pengukuran

Cara menggunakan Spiegel Relaskop :

Spiegel relaskop dapat digunakan untuk mengukur diameter pohon setinggi dada atau diameter pohon pada bebas cabang. Cara menggunakan spiegel relaskop adalah sebagai berikut:

- Tentukan skala BAF yang akan digunakan sebelum dilakukan pembidikan.
- Bidik sasaran, selanjutnya lihat skala BAF tersebut dan himpitkan dengan batang pohon yang akan diukur diameternya.
- Sesuaikan jarak pengukuran hingga penampang pohon masuk kedalam skala pengukuran BAF.
- Hitung berapa bagian skala yang masuk dari besaran batang tersebut
- Selanjutnya dihitung nilai diameter untuk satu bagian skala
- Besarnya diameter diketahui dengan mengalikan besar bagian skala dari bagian batang yang terbidik dengan nilai diameter untuk satu bagian skala

Contoh :

Gambar 46. Cara Pengukuran Menggunakan Alat Spiegel Relaskop

- Menggunakan BAF = 1

  Misalkan jarak pengukuran 10 m = 1000 cm, maka nilai diameter untuk satu bagian adalah:

  ∅ : S = 1 : 50

  ∅ : 1000 = 1 : 50

  ∅ = 1000/50 = 20 cm

  Adapun pohon yang diukur masuk ke dalam 1 ¾ bagian, maka diameter pohon yang diukur besarnya :

  1 ¾ x 20 cm = 35 cm

- Menggunakan BAF = 4

  Jarak pengukuran yang sama 10 m = 1000 cm, maka nilai diameter untuk satu bagian adalah :

  ∅ : S = 1 : 25

  ∅ : 1000 = 1 : 25

  ∅ = 1000/25 = 40 cm

  Hasil bidikan menunjukkan bahwa batang pohon masuk dalam 7/8 bagian skala, sehingga diameter pohon tersebut adalah :

  7/8 x 40 cm = 35 cm

  Alat Spiegel Relaskop mempunyai kelebihan dan kekurangan, sebagai berikut :

  Kelebihan

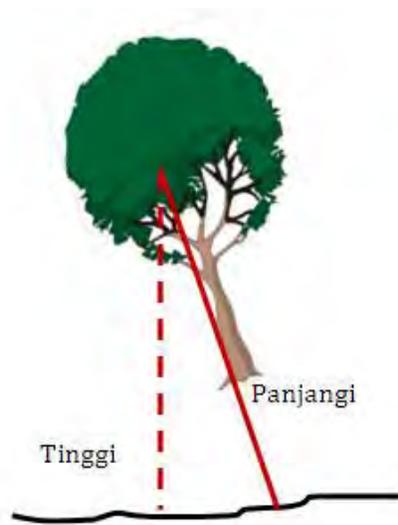
  - Dapat mengukur diameter tanpa menyentuh objek pohonnya.
  - Dapat mengukur diameter pada berbagai ketinggian pohon.

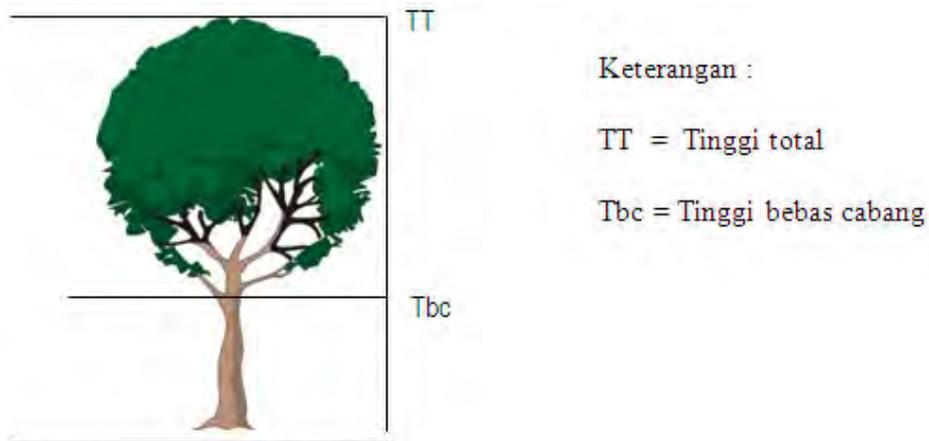
  Kekurangan

  - Memerlukan cahaya yang cukup untuk dapat membaca skala.
  - Hasil ukuran diameter tidak didapat secara langsung tetapi diperoleh melalui perhitungan
  - Pengukuran harus dilakukan minimal dua kali
  - Alat mahal harganya

2) Alat Ukur Tinggi Pohon

Tinggi merupakan salah satu komponen dalam pengukuran dimensi pohon. Pengertian tinggi dibedakan dengan pengertian panjang, dalam hal ini yang sedang dibahas adalah tinggi pohon pada posisi berdiri. Tinggi pohon merupakan jarak terpendek antara titik tertinggi dari pohon terhadap proyeksinya pada bidang datar, sedangkan panjang pohon dikategorikan sebagai jarak antara dua titik antara pangkal dengan ujung pohon yang diukur baik mengikuti garis lurus bagi pohon yang lurus maupun tidak bagi pohon yang bentuknya tidak lurus.

Pada pohon yang tumbuhnya tegak, maka tinggi pohon sama dengan panjang pohon, sedangkan pada pohon yang tumbuhnya miring maka tinggi pohon lebih kecil daripada panjang pohon. Berikut ilustrasi perbedaan antara panjang dan tinggi pohon (gambar 47).

Gambar 47. Tinggi dan Panjang Pohon

Tinggi pohon dapat dibedakan menjadi dua, yaitu tinggi total dan tinggi bebas cabang. Tinggi total diukur dari pangkal pohon sampai dengan ujung tajuk pohon, dengan kata lain bahwa tinggi total merupakan jarak terpendek antara titik ujung tajuk pohon dengan proyeksinya pada bidang datar.

Gambar 48. Tinggi Total dan tinggi bebas cabang pada pohon

Pengukuran tinggi pohon secara sederhana dapat dilakukan langsung, yaitu dengan cara mengukur pohon dengan cara dipanjat atau dengan menggunakan tongkat ukur. Sedangkan pengukuran tidak langsung dengan menggunakan alat bantu pengukur tinggi atau hypsometer. Cara ini kurang praktis karena hanya cocok untuk pohon-pohon yang tidak terlalu tinggi.

Berdasarkan cara kerjanya, alat ukur tinggi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu alat ukur sederhana dan alat ukur optik. Prinsip kerja alat ukur tinggi pohon didasarkan pada prinsip geometric dan trigonometric.

a) Prinsip geometrik

   Alat ukur tinggi pohon dengan prinsip geometric yaitu dengan sistem persamaan segitiga sebangun. Pengukuran tidak memerlukan pengukuran jarak datar. Beberapa jenis alat yang akan dibahas diantaranya walking stick dan christen meter.

   - Walking Stick

     Walking stick merupakan alat ukur tinggi sederhana berbentuk tongkat. Selain komponennya sederhana juga dapat dibuat dengan mudah. Alat dapat dibuat secara langsung terbuat dari

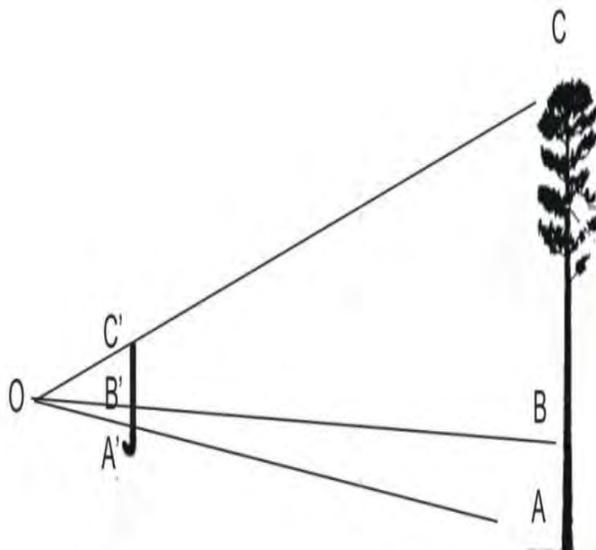
kayu, bambu, rotan, logam atau benda apapun berbentuk tongkat yang dapat ditemukan di lingkungan sekitar.

Panjang tongkat kurang lebih 30 – 50 cm, yang terbagi menjadi dua bagian panjang. Apabila terlalu panjang akan menyulitkan pengukur dalam membuat satu pandangan ke titik pangkal dan ujung pohon.

Keterangan:
a. Bagian skala dengan ukuran a’
b. Bagian skala dengan ukuran b’

Gambar 49. Walking Stick

Prinsip Kerja :

Prinsip kerja walking stick berdasarkan perbandingan antara dua buah segitiga sebangun (gambar 50).

Gambar 50. Pengukuran dengan walking stick

Keterangan :

- Bentuk segitiga OA’C’ sebangun dengan segitiga OAC
- A’B’ adalah skala pendek pada walking stick
- A’C’ adalah panjang walking stick
- Skala panjang A’B’ dan A’C’ dapat ditentukan sekehendak pembuat alatnya.
- Menggunakan persamaan sebangun, maka tinggi pohon dapat dicari sebagai berikut:

  A’B’ : A’C’ = AB : AC

  $$AC = \frac{A'C' \; X \; AB}{A'B'}$$

Contoh :

Pada saat pengukuran pohon digunakan walking stick dengan panjang 50 cm. Skala pendeknya dibuat 10 cm, maka persamaan yang digunakan untuk mengukur tinggi pohon tersebut adalah :

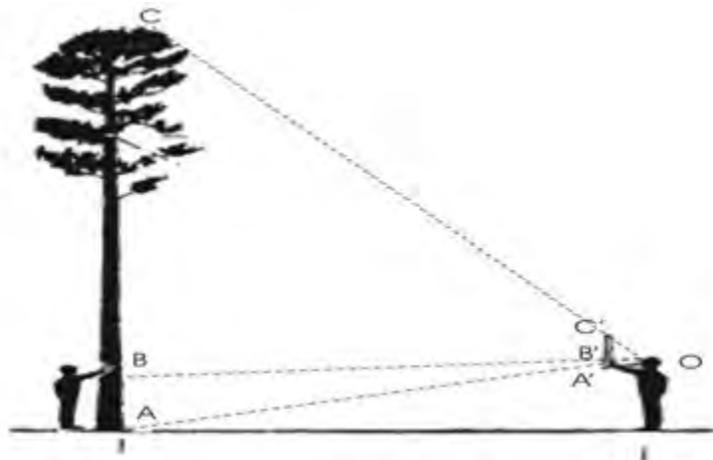
$$AC = \frac{A'C' \; X \; AB}{A'B'}$$

$$= \frac{50 \; X \; AB}{10}$$

AC = 5 AB

Keterangan:
AC = Tinggi pohon AB = Jarak dari pangkal ke titik singgung garis melalui B’ pada batang

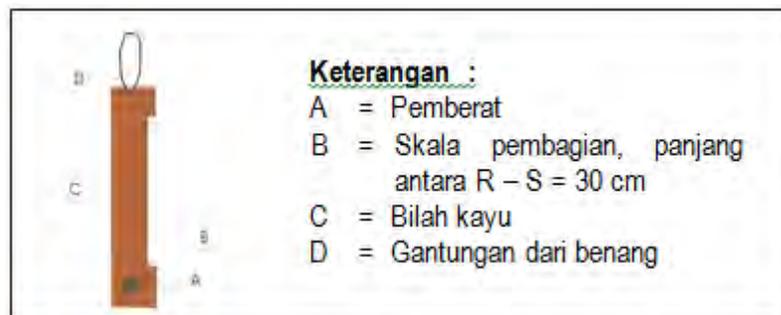
Cara Mengunakan Walking stick

- Walking stick dipegang tegak lurus setinggi mata pengukur dibidikan ke arah pohon yang hendak diukur tingginya.
- Bagian pangkal dan ujung pohon diarahkan sedemikian rupa sehingga tepat berimpit dengan skala bawah dan skala atas pada walking stick, skala A'C' tepat dengan AC (tinggi pohon)
- Selanjutnya bidikan mata ke arah tanda skala pendek (B') pada alat sejajarkan dengan pohon.
- Tandai titik bidikan B' sehingga menjadi titik B pada pohon, dengan dibantu seorang pembantu yang sebelumnya sudah berdiri dekat pohon yang sedang diukur,
- Ukur tinggi titik B dari pangkal pohon, sehingga didapat tinggi AB.
- Tinggi pohon adalah tinggi AB dikalikan dengan persamaan skala alat yang dibuat.
- 10 : 50 = AB : AC,
- Tinggi pohon adalah (AC) = 5 x AB,

Gambar 51. Cara menggunakan Walking Stick

Kelebihan dan kekurangan walking stick adalah sebagai berikut:

- Kelebihan alat ukur Walking Stick
  - Alat sederhana, murah dan mudah dibuat sendiri sekalipun sedang ada di lapangan.
  - Tidak memerlukan jarak ukur tertentu.
  - Tidak terpengaruh oleh kemiringan lereng
  - Tinggi diperoleh dengan sekali pengukuran
- Kekurangan alat ukur Walking Stick
  - Hasil pengukuran kurang teliti.
  - Memerlukan bantuan orang lain untuk menandai titik B di batang pohon yang diukur
  - Pembacaan tinggi pohon merupakan hasil penghitungan lanjutan.
  - Pada tegakan rapat sulit mendapatkan kedudukan yang sesuai.

- Christen Meter

  Christen meter merupakan alat pengukur tinggi sederhana dengan prinsip geometri penggunaan alat ini harus dibantu dengan alat tambahan berupa galah. Prinsip kerjanya menggunakan perbandingan dua segitiga sebangun (gambar 50 dan 51).

Gambar 52. Bagian-bagian Christen Meter

Prinsip kerja

Gambar 53. Prinsip Kerja Christen Meter

Prinsip kerja Cristen Meter berdasarkan perbandingan dua segitiga sebangun. Perhitungannya sebagai berikut :

- Segitiga OA’C’ sebangun dengan segitiga OAC.
- Sehingga A’B’ : A’C’=AB : AC
- A’B’ = (A’C’xAB)/AC
- Seandainya Christen Meter dibuat dengan panjang (A’C’) 30 cm, dan galah panjangnya (AB) 4m, maka :

  A’B’ : A’C’=AB : AC

  A’B’: 30 = 400 : AC

  AC = 1.200/ A’B’

  Dimana : A’B’ = pembagian skala tinggi pada alat (cm)

  AC = Tinggi Pohon (m)

Cara membuat skala pada alat Christen Meter

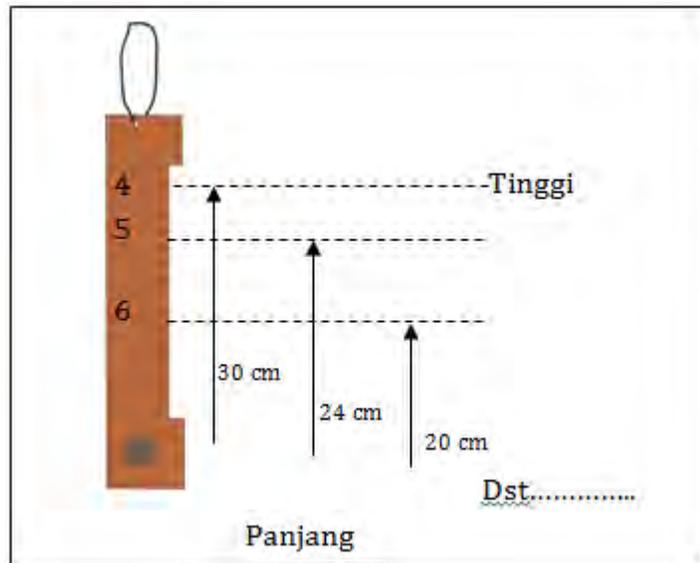
Berdasarkan perhitungan diatas dengan ketentuan alat dibuat panjangnya 30 cm dan galah yang digunakan panjangnya 4 meter perhitungan dan pengeplotan skalanya adalah sebagai berikut :

$$AC = \frac{12.000}{A'B'}$$

Tabel 7. Tabel skala Alat Christen Meter

AC (m) (Tinggi Pohon)	4	5	6	8	10	15	20	30	40
A'B' (cm) Skala	30	24	20	15	12	8	6	4	3

Keterangan:

- Pada skala alat (A'B') 30 cm atau sama dengan panjang alat, maka tinggi pohon (AC) adalah 4 m atau sama dengan panjang galah.
- Pada skala alat (A'B') 12 cm, maka tinggi pohon (AC) adalah 10m.
- Semakin tinggi pohon yang diukur maka skala pengukurannya semakin kecil.

Gambar 54. Pembagian skala pada Christen Meter

- Cara menggunakan alat :
  - Pengukur berdiri dengan jarak tertentu mengarah ke pohon yang akan diukur tingginya.
  - Pegang alat pada bagian benang sehingga alat bergantung dan dapat bergerak bebas

- Alat dibidikkan ke pohon yang akan diukur tingginya sedemikian rupa sehingga pangkal dan ujung pohon tersebut berimpitan dengan skala bawah dan atas alat (A'C' berimpit dengan AC).
- Berdirikan galah pada pohon yang akan diukur tingginya.
- Mata diarahkan pada ujung galah sambil membaca berapa angka tinggi pada pembagian skala alat yang berimpit dengan garis pandang antara mata dan ujung galah tersebut.

Berikut kelebihan dan kekurangan alat Christen Meter :

- Kelebihan
    - Alat dapat dibuat sendiri.
    - Jarak pengukuran tidak ditentukan jaraknya.
    - Pengukuran tinggi tidak dipengaruhi oleh kemiringan lereng
    - Pengukuran cukup satu kali
- Kekurangan
    - Hasil pengukuran menimbulkan bias apabila alat tersebut tidak berdiri vertikal ketika dipegang oleh pengukurnya.
    - Di butuhkan alat bantu galah pada saat pengukuran.
    - Sulit mendapatkan posisi yang baik apabila pengukuran dilakukan pada tegakan yang rapat.
    - Pada pengukuran pohon yang relatif tinggi memberikan peluang bias yang besar, karena interval skala alat semakin sempit.

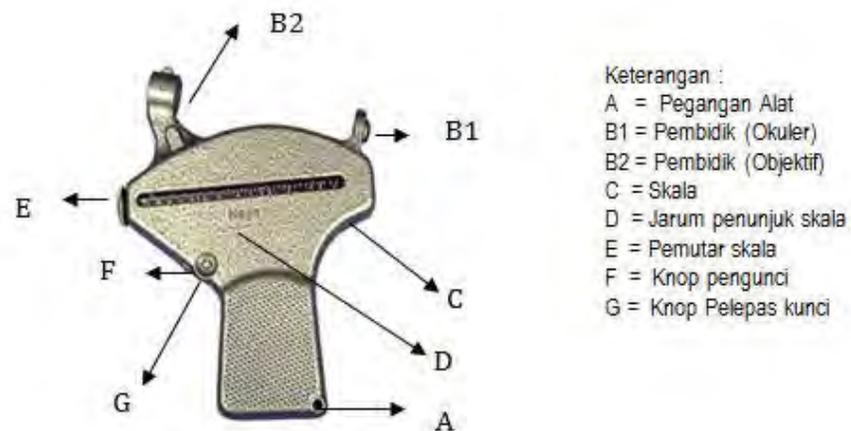
b) Prinsip Trigonometric

Alat ukur tinggi dengan Trigonometri prinsipnya adalah mengukur sudut lereng pada pembidikan ke pangkal dan puncak pohon terhadap bidang mendatar. Skala alat dapat ditentukan berdasarkan

besarnya sudut,persen sudut, dalam bentuk tangens maupun dalam skala tinggi pohon.

Beberapa jenis alat yang akan dibahas diantaranya hagameter, clinometer, dan spiegel relaskop.

- Hagameter

  Haga merupakan salah satu alat ukur tinggi dengan prinsip Trigonometri yang mempunyai skala tinggi langsung dapat dibaca pada alat. Besarnya sudut pembidikan terhadap bidang datar ditunjukkan oleh pergerakan jarum yang langsung menunjukkan berapa tinggi hasil pembidikan yang sudah dihitung berdasarkan perkalian jarak datar dengan tangen sudut. Gambar dan bagian-bagian hagameter sebagai berikut (Gambar 5):

Gambar 55. Bagian-Bagian Hagameter

Di butuhkan jarak tertentu dalam penentuan tingginya. Pada Hagameter sudah disiapkan untuk pengukuran tinggi dengan jarak ukur masing-masing 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m. Skala tersebut dapat diatur sesuai kebutuhan dengan cara memutar

knop pemutar skala disesuaikan dengan jarak pengukuran yang dikehendaki. Selain skala tinggi dalam satuan meter juga terdapat juga skala kemiringan bidang dalam satuan persen.

Penentu tinggi pohon dengan pembidikan yang dilakukan 2 kali pembidikan yaitu pembidikan ke pangkal pohon dan ke puncak pohon atau tinggi bebas cabang pertama. Tinggi pohon merupakan penambahan atau pengurangan dari hasil 2 kali pembidikan tersebut bergantung posisi pengukur terhadap pohon.

Cara menggunakan alat

- Pengukur berdiri pada jarak tertentu sesuai dengan pengaturan jarak pada alat mengarah ke pohon yang akan diukur tingginya, misalnya jarak 15 m, 20 m, 25 m, atau 30 m. Jarak antara pohon dengan pengukur merupakan jarak datar.
- Pegang alat dan bidikkan ke arah ujung pohon, tunggu jarum penunjuk skala sampai berhenti kemudian tekan tombol penguncinya.
- Catat skala yang ditunjukkan oleh jarum sebagai data 1.
- Lepas knop pengunci jarum dengan menekan knop pelepas kunci sehingga jarum penunjuk skala bergerak bebas.
- Lakukan hal yang sama untuk membidik pangkal pohon.
- Catat skala yang ditunjukkan oleh jarum sebagai data 2.
- Tinggi pohon adalah jumlah atau selisih dari kedua pembacaan itu bergantung pada apakah pangkal pohon lebih rendah atau lebih tinggi dari mata pengukur.

Gambar 56. Prinsip kerja Hagameter

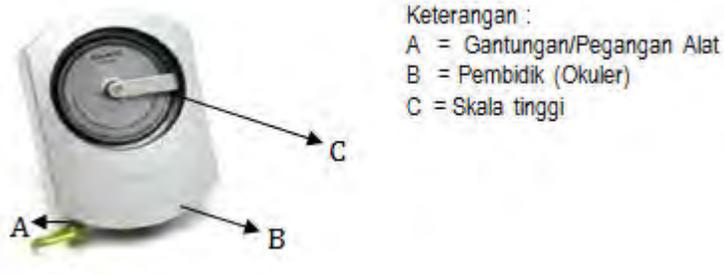
Berikut kelebihan dan kekurangan alat christen meter :

- Kelebihan
  - Hasil pengukuran akan lebih teliti dibandingkan dengan alat sederhana.
  - Tinggi pohon dapat diketahui langsung
- Kekurangan
  - Diperlukan koreksi jarak lapang pada daerah lereng untuk mendapatkan jarak datar.
  - Dua kali pengukuran

c) Hypsometer

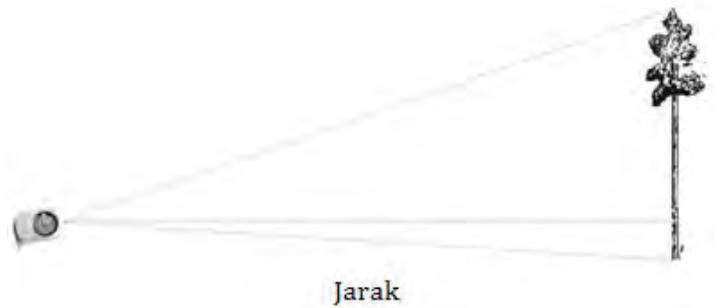
Hypsometer merupakan salah satu alat ukur tinggi dengan prinsip Trigonometri. Prinsip kerja alat ini sama dengan hagameter, namun ada sedikit perbedaan terutama pada skala pengukurannya yang hanya ada 2 macam yaitu skala pada jarak pengukuran 15 meter dan 20 meter.

Hasil pengukuran ditunjukkan oleh skala yang berimpit dengan objek yang diukur tingginya. Skala akan berputar dan bergerak bebas pada saat pengukuran mengikuti pergerakan bidikan pada arah vertikal. Gambar dan bagian-bagian hypsometer sebagai berikut (Gambar 57):

Keterangan :
A = Gantungan/Pegangan Alat
B = Pembidik (Okuler)
C = Skala tinggi

Gambar 57. Bagian-Bagian Hypsometer

Penentu tinggi pohon dengan pembidikan yang dilakukan 2 kali pembidikan yaitu pembidikan ke pangkal pohon dan ke puncak pohon atau tinggi bebas cabang pertama. Tinggi pohon merupakan penambahan atau pengurangan dari hasil 2 kali pembidikan tersebut bergantung posisi pengukur terhadap pohon.

Cara menggunakan alat

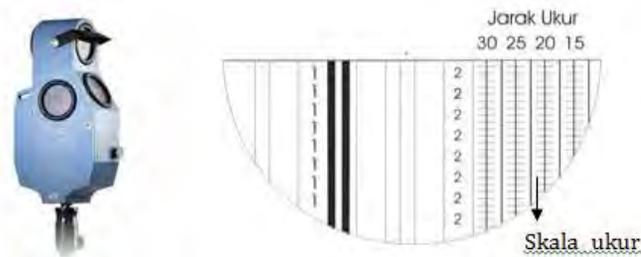
- Pengukur berdiri pada jarak tertentu sesuai dengan kondisi lapangan, misalnya jarak 15 m atau 20 m. Jarak yang digunakan adalah jarak datar.
- Bidik pohon yang akan diukur tingginya, himpitkan ujung pohon dengan benang skala.
- Catat skala yang didapat sebagai data 1.
- Lakukan hal yang sama untuk pangkal pohon.
- Catat skala yang didapat sebagai data 2.
- Tinggi pohon adalah jumlah atau selisih dari kedua pembacaan itu bergantung pada apakah pangkal pohon lebih rendah atau lebih tinggi dari mata pengukur.

Gambar 58. Prinsip kerja Hypsometer

Berikut kelebihan dan kekurangan alat Hypsometer :

- Kelebihan
  - Hasil pengukuran akan lebih teliti dibandingkan dengan alat sederhana.
  - Tinggi pohon dapat diketahui langsung
- Kekurangan
  - Diperlukan koreksi jarak lapang pada daerah lereng untuk mendapatkan jarak datar.
  - Dibutuhkan jarak tertentu pada saat pengukuran
  - Dua kali pengukuran
  - Pengukuran agak sulit pada hutan yang pohonnya rapat

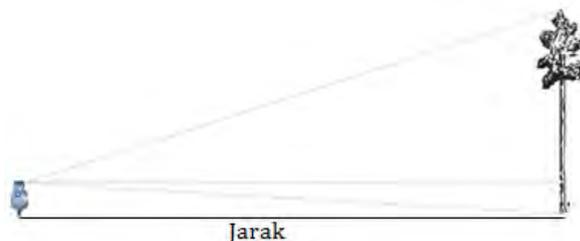
d) Spiegel Relaskop

Spiegel Relaskop merupakan salah satu alat ukur tinggi dengan prinsip Trigonometri. Prinsip kerja alat ini sama dengan hagameter dan hypsometer, skala pengukurannya ada 4 macam yaitu skala pada jarak pengukuran 15 meter, 20 meter, 25 meter dan 30 meter.

Hasil pengukuran ditunjukkan oleh skala yang berimpit dengan objek yang diukur tingginya. Skala akan berputar dan bergerak bebas pada saat pengukuran mengikuti pergerakan bidikan pada arah vertikal. Gambar dan bagian-bagian hypsometer sebagai berikut (Gambar 59):

Gambar 59. Bagian-Bagian Spiegel Relaskop

Penentukan tinggi pohon sama dengan hagameter dan hypsometer, yaitu pembidikan dilakukan 2 kali pembidikan ke pangkal dan ke puncak pohon atau tinggi bebas cabang pertama. Tinggi pohon merupakan penambahan atau pengurangan dari hasil 2 kali pembidikan tersebut bergantung posisi pengukur terhadap pohon.

Cara menggunakan alat

- Pengukur berdiri pada jarak tertentu sesuai dengan kondisi lapangan, misalnya jarak 15 m, 20 m, 25 m atau 30 m. Jarak yang digunakan adalah jarak datar.
- Bidik pohon yang akan diukur tingginya, himpitkan ujung pohon dengan benang skala.
- Catat skala yang didapat sebagai data 1.
- Lakukan hal yang sama untuk pangkal pohon.
- Catat skala yang didapat sebagai data 2.
- Tinggi pohon adalah jumlah atau selisih dari kedua pembacaan itu bergantung pada apakah pangkal pohon lebih rendah atau lebih tinggi dari mata pengukur.

Gambar 60. Prinsip kerja Spiegel relaskop

Berikut kelebihan dan kekurangan alat Spiegel Relaskop :

- Kelebihan
  - Hasil pengukuran akan lebih teliti dibandingkan dengan alat sederhana.
  - Tinggi pohon dapat diketahui langsung
- Kekurangan
  - Diperlukan koreksi jarak lapang pada daerah lereng untuk mendapatkan jarak datar.
  - Dibutuhkan jarak tertentu pada saat pengukuran
  - Dua kali pengukuran
  - Pengukuran agak sulit pada hutan yang pohonnya rapat

3) Alat Ukur Luas Bidang Dasar

Bidang dasar dapat diartikan sebagai penampang lintang batang pohon atau dikenal juga dengan istilah basal area. Penampang lintang ini diukur pada ketinggian tertentu sesuai pengukuran diameter atau keliling pohon. Batang pohon berbentuk silindris, sehingga perhitungan luas bidang dasar dapat ditentukan berdasarkan perhitungan luas pada penampang tabung. Luas bidang dasar ini merupakan luas bidang dasar pohon.

Tegakan hutan dapat ditentukan luas bidang dasarnya berdasarkan luas bidang dasar sekumpulan pohon yang ada didalam tegakan tersebut. Luas bidang dasar dinyatakan dalam satuan luas per hektar (m2/ha). Luas bidang dasar tegakan ini dapat digunakan untuk menentukan kerapatan tegakan dalam rangka menentukan voume kayu berdiri.

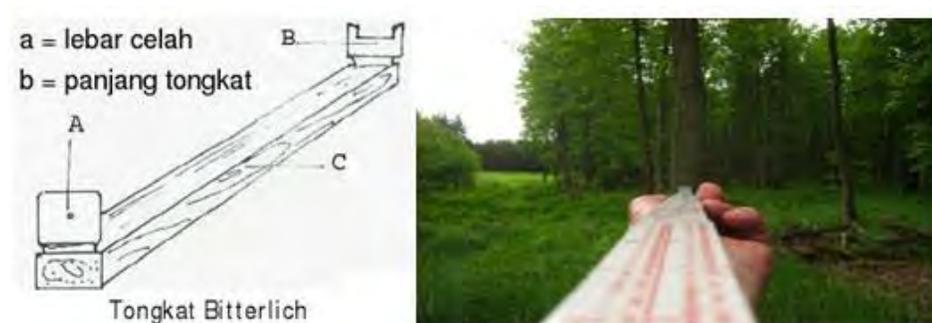
$$g = 1/4 . \pi . d^2$$

a) Lbds pohon (g) biasanya dinyatakan dalam m^2
b) d merupakan diameter dinyatakan dalam m
c) Total lbds per satuan luas (m^2/ha) disebut lbds tegakan (G) digunakan sbg salah satu ukuran kerapatan tegakan, dimana G = (∑ gi)/l

Luas bidang dasar tegakan dapat ditentukan berdasarkan beberapa cara, yaitu berdasarkan jumlah luas bidang dasar semua pohon dalam tegakan dan bisa juga ditentukan berdasarkan point sampling yang dikalikan dengan faktor bidang dasar alatnya. Alat yang biasa dipergunakan untuk menentukan luas bidang dasar diantaranya : bitterlich stick, spigel relaskop dan prisma baji.

Alat Ukur Bidang Dasar Tegakan :

a) Bitterlich Stick

Bitterlich stick merupakan alat sederhana berupa mistar sepanjang 1 meter, pada salah satu ujungnya terdapat plat berlobang dan satu ujungnya lagi plat berlekuk ukuran 2 cm (Gambar 61).

Gambar 61. Bitterlich Stick dan bagian-bagiannya

Dimana :

a = Lebar plat (2 cm)
b = Panjang mistar (1m)
d = Diameter pohon
r = Jarak Horizontal antara pengukur dan pohon

$$\frac{a}{b} = \frac{d}{r},$$

dimana r di dapat dari $r = \frac{b}{a}\ X\ d$

Luas Bidang Dasar Pohon = 1/4.π .d ²

Luas dengan jari-jari r = π .r ²

$$= \pi\ X\ \left(\frac{b}{a}\ X\ d\ \right)^2$$

$$= \pi\ X\ \left(\frac{b^2}{a^2}\ X\ d\ \right)^2$$

Rasio luas bidang dasar 1 pohon dengan wilayah yang berjari-jari r adalah :

$$= \frac{Lbds\ (1\ Pohon)}{Lbds\ (jari-jari\ r)}$$

$$= \frac{\frac{1}{4}\pi\ X\ d^2}{\pi\frac{b^2}{a^2}X\ d^2}$$

$$= \frac{1}{4}\ X\ \frac{a^2}{b^2}$$

Jadi Luas Bidang Dasar per Satuan Luas adalah :

$$= \frac{1}{4}\ X\ \frac{a^2}{b^2}$$

Apabila ada n pohon, maka :

- Pohon n1 : Lbds/satuan luas $= \frac{1}{4}\ X\ n1\ X\ \frac{a^2}{b^2}$
- Pohon n2 : Lbds/satuan luas $= \frac{1}{4}\ X\ n2\ X\ \frac{a^2}{b^2}$

- Pohon n3 : Lbds/satuan luas $= \frac{1}{4}\ X\ n4\ X\ \frac{a^2}{b^2}$
- Pohon ni : Lbds/satuan luas $= \frac{1}{4}\ X\ n5\ X\ \frac{a^2}{b^2}$

$$= \frac{1}{4}\ X\ N\ X\ \frac{a^2}{b^2}$$

Untuk mendapatkan satuan Luas Bidang Dasar tegakan dalam m^2/ha, maka : $\frac{1}{4}\ .N\ .\frac{a^2}{b^2}.\frac{10000m^2}{10000m^2} = \frac{1}{4}\ .N\ .\frac{a^2}{b^2}.\frac{10^4m^2}{1\ ha}$

Lbds/ha = $\frac{1}{4}\ .10^4\ .\frac{a^2}{b^2}.N\frac{m^2}{ha}$

Ket : $\frac{1}{4}\ .10^4\ .\frac{a^2}{b^2}$ merupakan faktor bidang dasar atau BAF (Based Area Faktor).

Dengan demikian rumus luas bidang dasar tegakan per ha adalah :

Lbds/ha = $BAF\ x\ N\frac{m^2}{ha}$

Contoh :

Tongkat Bitterlich dengan ukuran :

a = 2 cm

b = 100 cm

BAF $= \frac{1}{4}\ .10^4\ .\frac{a^2}{b^2}$

$= \frac{1}{4}\ .10^4\ .\frac{2^2}{100^2}$

$= 1$

Pada pembidikan, perhitungan N didasarkan pada :

- Pohon yang lebih besar dari lebar plat dihitung 1
- Pohon yang sama dengan lebar plat dihitung ½
- Pohon yang lebih kecil dari lebar plat dihitung 0

Pohon yang hasil pembidikannya sama dengan lebar plat seringkali meragukan, untuk itu perlu diperiksa. Tongkat bitterlich dengan BAF = 1, maka perlu diperiksa dengan rumus perbandingan :

d : S = 1 : 50

Apabila hasil pemeriksaan :
d : S > 1 : 50, dihitung 1
d : S = 1 : 50, dihitung ½
d : S < 1 : 50, tidak dihitung

Contoh 1 :

Berdasarkan hasil pembidikan dengan tongkat bitterlich, diperoleh data sebagai berikut :

- Dihitung 1 sebanyak 5 pohon
- Dihitung ½ sebanyak 8 pohon (d:S>1:50 sebanyak 2 pohon, d:S=1 sebanyak 6 pohon)
- Dihitung 0 sebanyak 4 pohon, maka perhitungan N adalah :

  N = 5 + 2 + (1/2x6) + (0 x 4)

  = 10

  Lbds/ha = $BAF\ x\ N \frac{m^2}{ha}$

  $= 1\ x\ 10 \frac{m^2}{ha}$

  $= 10 \frac{m^2}{ha}$

Contoh 2 :

Berdasarkan hasil pembidikan dengan tongkat bitterlich, diperoleh data sebagai berikut :

- Dihitung 1 sebanyak 8 pohon
- Dihitung ½ sebanyak 8 pohon (d:S>1:50 sebanyak 3 pohon, d:S=1 sebanyak 8 pohon)
- Dihitung 0 sebanyak 7 pohon

  maka perhitungan N adalah :

  N = 8 + 3 + (1/2x8) + (0 x 7)

  = 15

  Lbds/ha = $BAF \ x \ N \frac{m^2}{ha}$

  $= 1 \ x \ 15 \frac{m^2}{ha}$

  $= 15 \frac{m^2}{ha}$

Cara Menggunakan Alat :

- Tentukan titik pusat lingkaran khayal pada areal tegakan hutan yang mau diukur bidang dasarnya.
- Pengukur berdiri di titik pusat lingkaran khayal yang merupakan titik pusat pembidikan.
- Pegang alat tegak lurus terhadap mata pengukur dan sasaran bidik, dimana bagian plat berlubang berada dekat mata dan bagian satunya mengarah terhadap objek.
- Pembidikan diarahkan pada batang setingi 1,3 m, secara melingkar searah jarum jam dan dihitung jumlah pohon yang masuk hitungan dalam areal pembidikan.

- Khusus pada pohon yang harus diperiksa, diukur diameter dan jarak antara pohon dan titik pusat lingkaran dimana pengukur berdiri.
- Luas bidang dasar tegakan per hektar diperoleh dengan mengalikan jumlah pohon yang masuk hitungan (N) dengan BAF bitterlich (bila lebar lekukan plat 2 cm dan panjang alat 100 cm, maka BAF=1).

Lembar Kerja Siswa

Pengukuran Luas Bidang Dasar Tegakan

Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan adalah :

Pita ukur untuk mengukur diameter pohon beserta kelilingnya.

1) Phiband untuk mengukur diameter pohon.
2) Tongkat Bitterlich untuk mengukur luas bidang dasar
3) Clinometer untuk mengukur tinggi pohon
4) Abney level untuk mengukur tinggi pohon
5) Walking stick untuk mengukur tinggi pohon
6) Galah sebagai alat bantu untuk mengukur tinggi pohon
7) Buku data untuk mencatat data yang telah diperoleh.
8) Alat tulis untuk menulis data dibuku data.
9) Kalkulator untuk menghitung data yang telah diperoleh.

Bahan yang digunakan adalah:

Pohon yang terdapat di hutan atau di halaman Sekolah anda

Langkah Kerja

1) Dipersiapkan alat-alat pengukur diameter yang akan digunakan
2) Diukur diameter pohon dengan menggunakan masing-masing alat seperti pita ukur dan phiband
3) Diukur tinggi pohon dengan menggunakan alat ukur tinggi pohon seperti abney level, clinometer dan walking stick
4) Dihitung LBDS pohon dengan menggunakan alat bitterlich
5) Dilihat kriteria pohon masuk ke dalam in, out, atau border
6) Dihitung nilai LBDS dengan menggunakan rumus LBDS = $(\sum \text{in} + \sum \text{border}) \times \text{BAF}$
7) Dihitung nilai volume pohon dengan rumus volume = LBDS x h x f
8) Dicatat hasil pengukuran diameter dalam tabulasi data

Tabel 8. Form Data Pengukuran LBDS Pohon

No.pohon	Kriteria			Keterangan
	In	Out	border	

LBDS = Jumlah pohon yang masuk x BAF

= ($\sum$ in + $\sum$ border) x BAF

Tabel 9. Form Pengukuran Volume Pohon

No. pohon	Diameter phiband (m)	Tinggi clinometer (m)	Volume (m^3)

Tabel 10. Form Pengukuran Volume dengan Pita Ukur dan Walking Stick

No. pohon	Diameter Pita Ukur (m)	Tinggi Walking Stick (m)	Volume (m^3)

Tabel 11. Contoh Pengisian Data Pengukuran LBDS Pohon

No.pohon	**Kriteria**			**Keterangan**
	In	**Out**	**Border**	
1			√	Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
2		√		Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
3			√	Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
4		√		Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
5		√		Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
6		√		Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
7		√		Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
8			√	Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
9		√		Mahoni *(Swietenia mahagoni)*

10	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
11		√		Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
12			√	Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
13		√		Sengon *(Paraserianthes falcataria)*
14	√			Sengon *(Paraserianthes falcataria)*
15			√	Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
16	√			Sengon *(Paraserianthes falcataria)*
17	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
18	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
19	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
20	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
21	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
22	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
23	√			Mahoni *(Swietenia mahagoni)*
∑	10	8	5	

LBDS = Jumlah pohon yang masuk x BAF

= (∑ in + ∑ border) x BAF

= (10 (1) + 5 ($^1/_2$) x 1

= 12, 5

Tabel 12. Contoh Pengisian Data Pengukuran Volume Pohon

No. pohon	Diameter phiband (m)	Tinggi clinometer (m)	Volume (m^3)
1	0,4,5	16	1,5142
2	0,423	17	1,67
3	0,26	12	0,45
4	0,26	12	0,45
5	0,265	12	0,46
6	0,26	12	0,45
7	0,284	13	0,58
8	0,437	18	1,88
9	0,345	15	0,98
10	0,258	11	0,40
11	0,345	15	0,98
12	0,282	14	0,61
13	0,324	15	0,86
14	0,40	16	1,41
15	0,28	14	0,60
16	0,402	16	1,42

17	0,238	11	0,34
18	0,295	13	0,62
19	0,268	12	0,47
20	0,347	15	0,99
21	0,308	13	0,68
22	0,218	11	0,29
23	0,344	14	0,91
			∑ = 19,0142

Tabel 13. Contoh Pengisian Data Pengukuran Volume dengan Pita Ukur dan Walking Stick

No. pohon	Diameter Pita Ukur (m)	Tinggi Walking Stick (m)	Volume (m^3)
1	0,42	17	1,65
2	0,433	17	1,75
3	0,265	12	0,46
4	0,248	13	0,44
5	0,273	13	0,53
6	0,268	13	0,51
7	0,29	14	0,65
8	0,42	17	1,65
9	0,352	15	1,02
10	0,24	12	0,38
11	0,353	14	0,96
12	0,273	13	0,53
13	0,315	14	0,76
14	0,395	16	1,37
15	0,275	15	0,62
16	0,395	15	1,29
17	0,22	12	0,32
18	0,28	12	0,52
19	0,25	13	0,45
20	0,35	14	0,94
21	0,31	15	0,79
22	0,22	12	0,32
23	0,35	14	0,94
			∑ = 18,85

b) Spiegel Relaskop

Spiegel relaskop dapat digunakan untuk mengukur luas bidang dasar pohon dan luas bidang dasar tegakan, dimana prinsip kerjanya sama dengan alat ukur bitterlich stick. Luas bidang dasar tegakan diperoleh dengan jalan menghitung jumlah pohon yang terbidik dengan ketentuan sebagai berikut :

- Pohon yang lebih besar dari lebar plat dihitung 1
- Pohon yang sama dengan lebar plat dihitung ½ (perlu diperiksa)
- Pohon yang lebih kecil dari lebar plat dihitung 0

Pohon yang terlihat sama besar, maka perlu diuji perbandingan antara diameter pohonnya terhadap jarak pengukuranny, dengan menggunakan persamaa :

- Skala BAF =1, gunakan persamaan d : S = 1 : 50
- Skala BAF =2, gunakan persamaan d : S = $1 : 25\sqrt{2}$
- Skala BAF =4, gunakan persamaan d : S = 1 : 25

Contoh :

Pada saat pengukuran, terdapat pohon yang sama lebarnya diukur dengan skala BAF=4, yaitu diameter 60 cm, sedangkan jarak dari pohon dari pusat pengukuran adalah 15 m, maka :

= d : S

= 60 : 1500

= 1 : 25

Memang betul dalam hal ini bahwa pohon sama lebar dengan skala dan dihitung ½.

Menghitung luas bidang dasar tegakan per hektar digunakan rumus :

Lbds = $BAF\ x\ N\frac{m^2}{ha}$

Menentukan titik pusat pengukuran, sebaiknya digunakan peraturan-peraturan untuk pemilihan petak ukur. Bitterlich (1959) menyarankan rumus yang dapat digunakan untuk menentukan jarak titik pusat pengukuran satu terhadap lainnya yang dinyatakan dalam meter.

L1 = 68 + 2 F

L2 = 58 + 2 F

L3 = 48 + 2 F

Dimana:

- L1 = Jarak titik pusat pengukuran menggunakan skala BAF = 1
- L2 = Jarak titik pusat pengukuran menggunakan skala BAF = 2
- L4 = Jarak titik pusat pengukuran menggunakan skala BAF = 4
- F = Luas areal yang akan diukur luas bidang dasarnya

Cara Menggunakan Alat :

- Tentukan skala BAF yang akan digunakan.
- Tentukan titik pusat lingkaran khayal pada areal tegakan hutan yang mau diukur bidang dasarnya.
- Pengukur berdiri di titik pusat lingkaran khayal yang merupakan titik pusat pembidikan.
- Pembidikan diarahkan pada batang setingi 1,3 m, secara melingkar searah jarum jam dan dihitung jumlah pohon yang masuk hitungan dalam areal pembidikan.
- Khusus pada pohon yang harus diperiksa, diukur diameter dan jarak antara pohon dan titik pusat lingkaran dimana pengukur berdiri.

- Luas bidang dasar tegakan per hektar diperoleh dengan mengalikan jumlah pohon yang masuk hitungan (N) dengan BAF yang akan digunakan.

Keuntungan dan kerugian alat ukur sistem point sampling

Keuntungan :

- Pengukuran dapat dilakukan secara cepat
- Biaya dan jumlah tenaga yang diperlukan sedikit

Kerugian

- Ketelitian relatif kurang dibandingkan dengan pengukuran bidang dasar tiap pohon melalui pengukuran diameter.
- Pengukuran sulit dilakukan pada tegakan yang rapat.

i. Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan (ITSP)

1) Pengertian

a) Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan (ITSP) adalah kegiatan pencatatan, pengukuran dan penandaan pohon dalam areal blok kerja tahunan untuk mengetahui jumlah, jenis, dan diameter pohon inti, pohon yang dilindungi, dan pohon yang akan ditebang serta data medan kerja.

b) Pohon inti adalah pohon muda dari jenis niagawi yang berdiameter 20 cm — 39 cm, yang akan membentuk tegakan utama untuk ditebang pada rotasi tebang berikutnya.

c) Pohon yang dilindungi adalah jenis-jenis pohon yang berdasarkan peraturan/ketentuan dinyatakan sebagai pohon dilindungi.

d) Jalur inventarisasi adalah unit pengukuran yang digunakan dalam pencacahan dan pengukuran pohon. Selanjutnya jalur inventarisasi ini disebut jalur ukur.

e) Diameter pohon adalah diameter batang pohon yang diukur pada ketinggian 1,30 m dari permukaan tanah (setinggi dada) atau 20 cm di atas banir bagi pohon-pohon dengan tinggi banir lebih dari 1,30 m dari permukaan tanah.

f) Tinggi pohon yaitu apabila perhitungan isi pohon dilakukan dengan menggunakan angka bentuk, maka yang dimaksud dengan tinggi pohon adalah tinggi batang bebas cabang dikurangi tinggi banir. Perhitungan isi pohon dilakukan dengan menggunakan Tabel Isi Pohon yang disusun berdasarkan persamaan regresi, maka yang dimaksud dengan tinggi pohon adalah tinggi batang bebas cabang.

g) Titik ikatan adalah titik awal sebelum pelaksanaan inventarisasi pada blok kerja tahunan dan petak kerja dan merupakan titik tertentu yang letak/posisinya mudah dikenali di lapangan. Titik ikatan ini dapat berupa pal batas blok kerja tahunan atau blok kerja tahunan yang lalu, titik belokan sungai, titik trianggulasi atau titik kontrol lain yang mudah dikenali (di peta dan di lapangan) dan harus tergambar dengan jelas pada peta bagan kerja.

h) Titik nol adalah titik awal dalam pelaksanaan yang diketahui dengan pasti. Titik nol ini berupa salah satu sudut blok/petak kerja tahunan yang akan diinventarisasi, yaitu berupa pal batas blok kerja tahunan dan petak kerja.

2) Ketentuan umum

a) Kegiatan ITSP dilaksanakan pada blok kerja tahunan 1 (satu) tahun sebelum penebangan (Et — 1).

b) Kegiatan ITSP untuk tingkat pohon diameter 20 cm dilakukan dengan pencacahan 100% (sensus) pada masing-masing petak kerja, sedangkan intensitas contoh untuk tingkat permudaan pancang 1,25% dan tiang 2,5%.

c) Jenis data dan informasi yang dikumpulkan dalam kegiatan ITSP, meliputi data dan informasi yang berkenaan dengan pohon yang

akan ditebang, pohon inti, pohon yang dilindungi dan keadaan fisik lapangan.

d) Pencacahan dan pengukuran pohon yang akan ditebang dilakukan terhadap jenis-jenis pohon komersial dengan diameter 40 cm ke atas.

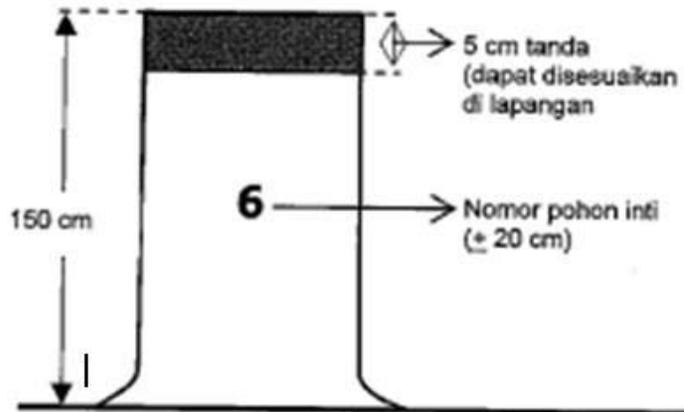
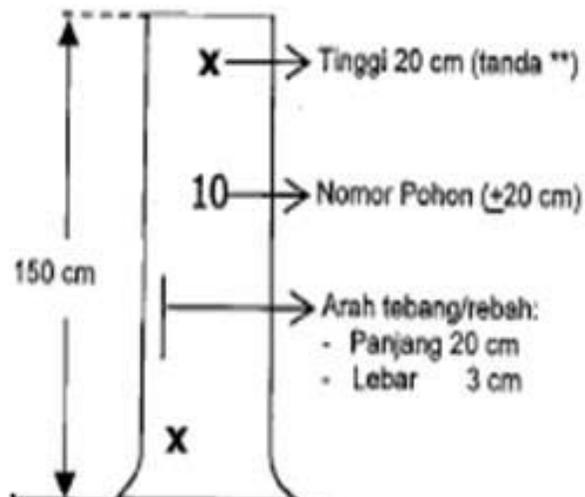
e) Pohon inti dipilih dengan kriteria sebagai berikut:
   - Tergolong jenis pohon komersial diutamakan yang sejenis dengan pohon yang akan ditebang.
   - Berdiameter minimum 20 cm.
   - Berjumlah minimal sebanyak 25 pohon per hektar. Jumlah pohon inti jenis ramin apabila kurang dari 25 pohon, maka kekurangannya dapat ditambah dari jenis pohon perdagangan lain yang berdiameter minimum 20 cm, dengan ketentuan jumlah pohon inti jenis ramin sekurang-kurangnya sesuai dengan persentasi ramin non ramin hasil ITSP, atau sekurang-kurangnya 10% dari total 25 pohon/ha.
   - Keadaannya sehat.
   - Tersebar relatif merata pada petak kerja tahunan.

f) Jenis-jenis pohon yang dilindungi dicatat nama daerah dan nama latinnya sesuai dengan peraturan/ketentuan yang berlaku.

g) Penandaan pohon dilakukan pada bagian-bagian batang setinggi 1,50 m dari permukaan tanah, dengan kriteria sebagai berikut:
   - Pohon yang akan ditebang diberi tanda silang (X) warna merah.
   - Pohon inti diberi tanda warna kuning melingkar batang.
   - Pohon yang dilindungi diberi tanda warna merah melingkar batang.

h) Penghitungan isi pohon dapat dilakukan dengan bantuan Tabel Isi Pohon baik yang disusun dengan menggunakan angka bentuk maupun yang disusun berdasarkan persamaan regresi.

i) Pelaksanaan ITSP dilakukan dengan sistem jalur. Lebar jalur untuk inventarisasi adalah 20 m.

j) Untuk setiap areal tebangan seluas 500 ha/tahun, setiap pemegang areal IUPHHK harus mempunyai minimal 1 (satu) regu pelaksana inventarisasi hutan.

Gambar 62. Penentuan pohon Inti

Gambar 63. Penentuan pohon yang akan ditebang

3) Persiapan pelaksanaan

Kegiatan ini merupakan kegiatan penyusunan rencana kegiatan lapangan dan persiapan lainnya yang meliputi:

a) Penyusunan rencana kerja dan biaya.

Rencana kerja dan biaya yang disusun harus didasarkan atas jenis dan volume kegiatan, tahapan dan jadwal pelaksanaan kegiatan, bahan dan peralatan yang akan digunakan serta tim pelaksana kegiatan harus dilengkapi dengan peta bagan kerja skala 1 : 20.000.

b) Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penetapan lokasi kegiatan adalah sebagai berikut:

- Pelaksanaan inventarisasi harus dilakukan pada setiap petak kerja tahunan dalam blok kerja tahunan yang bersangkutan
- Letak blok/petak kerja tahunan yang akan diinventarisasi harus tergambar (arah/azimuth dan jarak) dengan jelas pada peta bagan kerja.
- Apabila blok/petak kerja tahunan yang akan diinventarisasi berdampingan dengan blok kerja tahun sebelumnya, maka titik ikatannya dapat ditentukan dengan memilih salah satu dari pal batas blok kerja tahun sebelumnya hal ini sepanjang letak pal batas tersebut diketahui dengan pasti.

4) Pengadaan bahan dan peralatan.

Pengadaan bahan dan peralatan ini disiapkan sebelum berangkat ke lokasi tempat inventarisasi hutan atau biasa disebut camp biru.

a) Pengadaan peta kerja skala 1 : 20.000 yang dibuat berdasarkan peta penafsiran potret udara terbaru.

b) Pengadaan bahan dan peralatan lapangan.

- Kompas,

- Alat ukur tinggi (christen atau haga hypsometer), Alat ukur lereng (helling meter atau haga hypsometer atau sunto clinometer),
- Alat ukur keliling/diameter pohon (pita ukur 10 m atau phi-band),
- Pita ukur 20 m atau 50 m,
- Tambang plastik (panjang 100 meter dan diberi simpul setiap 10 atau 20 meter dengan tali rapia dengan warna simpul yang jelas),
- Kertas milimeter,
- Lembar data,
- Buku dan alat tulis,
- Kalkulator,
- Cat (warna merah dan kuning),
- Peralatan kamping,
- Obat-obatan,
- Bahan makanan,
- Parang.

Jumlah/volume bahan dan peralatan yang diperlukan disesuaikan dengan volume kegiatan.

5) Penyusunan tim pelaksana.
   a) Tim pelaksana inventarisasi terdiri dari 1 (satu) atau lebih regu kerja dan dipimpin oleh seorang ketua tim. Jumlah regu kerja disesuaikan dengan kebutuhan/volume kegiatan.
   b) Tiap regu kerja terdiri dari 12 (duabelas) orang dengan pembagian tugas:
      - 1 (satu) orang ketua regu sebagai pembina regu dan sekaligus sebagai pemegang kompas.
      - 2 (dua) orang pengukur dan pencatat data hasil pencacahan/ pengukuran pohon dan data lainnya.

- 2 (dua) orang pembuat rintisan.
- 2 (dua) orang pengenal pohon merangkap sebagai pembantu dalam pencacahan dan pengukuran pohon.
- 2 (dua) orang penanda pohon merangkap sebagai pembantu dalam pengukuran pohon.
- 2 (dua) orang pemegang tali merangkap sebagai pembantu dalam membuat rintisan.
- 1 (satu) orang pembantu umum (juru masak).

6) Pelaksanaan kegiatan lapangan
   a) Mencari titik nol dan titik ikatan.
      - Mencari titik ikatan berdasarkan data dari peta bagan kerja.
      - Mencari titik nol dari blok/petak kerja tahunan yang akan diinventarisasi berupa salah satu pal batas dari blok/petak kerja tahunan yang bersangkutan yang telah ditetapkan dan tergambarkan pada peta bagan kerja.
   b) Memasang patok-patok bantu pada sumbu utama dan jalur ukur.
      - Mengukur arah/azimuth dan jarak sepanjang sumbu jalur utama.
      - Pengukuran jarak dilakukan setiap 20 m. Sumbu utama dipilih dari salah satu sisi petak kerja tahunan yang akan diinventarisasi dan berupa alur batas kerja tahunan yang dibuat pada waktu penataan.
      - Memasang patok-patok bantu pada sumbu utama dengan patok dari batang kayu kecil (bukan dari jenis komersial atau jenis pohon yang dilindungi dan berdiameter lebih kurang 5 cm). Bagian atasnya dikuliti dan di cat merah serta diberi tanda petak kerja tahunan (lebih kurang 100 ha) yang terdapat lebih kurang 50 jalur (pada petak kerja berbentuk bujur sangkar terdapat 50 jalur). Tinggi patok bantu yang dapat dilihat kurang lebih 1,30 m. Patok-patok bantu ini diletakkan berurutan setiap jarak 20 m.

- Mengukur arah/azimuth dan jarak sepanjang jalur ukur yang posisinya tegak lurus sumbu utama. Pengukuran jarak dilakukan pada setiap 100 m (1 Hm).
- Memasang patok bantu dengan jarak 20 m pada jalur ukur setiap 1 Hm dari batang kayu kecil (bukan dari jenis kayu komersial atau jenis pohon yang dilindungi dan berdiameter lebih kurang 5 cm). Bagian atasnya dikuliti serta di cat merah dan diberi nomor unit pengukuran (dari 0 — 50 jika panjang jalur 1 km). Tinggi patok bantu yang dapat mudah dilihat lebih kurang 1,30 m.

c) Pencacahan jenis, pengukuran dan penandaan pohon.

- Mencacah dan mencatat jenis serta mengukur diameter pohon calon pohon inti pada tiap petak ukur 20 m x 20 m sepanjang jalur ukur.
- Mencacah jenis, mengukur diameter dan tinggi batang bebas cabang calon pohon yang akan ditebang.
- Mencacah jenis dan mengukur diameter serta memberi tanda pohonpohon yang termasuk jenis dilindungi sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- Menetapkan/menunjuk dan memberi tanda serta menomori pohon inti dan pohon yang akan ditebang.
- Mencatat dan memetakan pohon-pohon yang dicacah dan diukur dalam lembar data dan kertas milimeter yang telah disediakan.

d) Pengumpulan data dan informasi keadaan lapangan.

- Mengukur dan mencatat serta menggambarkan kondisi lapangan dari setiap petak ukur sepanjang jalur ukur dalam lembar data yang telah disediakan.
- Menggambarkan sungai/anak sungai yang ada dalam tiap petak ukur sepanjang jalur ukur pada lembar data yang telah disediakan.

- Mencatat data keadaan lapangan lainnya yang dianggap perlu dalam setiap petak ukur sepanjang jalur ukur pada lembar data yang telah disediakan, misalnya adanya mata air dan keadaan khusus lainnya.

e) Pengolahan dan analisis data.
   - Perhitungan potensi tegakan.
   - Perhitungan isi pohon:
     - Perhitungan isi pohon dilakukan terhadap pohon-pohon yang akan ditebang. Volume pohon dihitung dengan menggunakan tabel volume/tarif. Jenis-jenis pohon yang belum tersedia dalam tabel volume/tarif, volume pohon dihitung dengan menggunakan angka bentuk 0,6.
     - Perhitungan potensi pohon yang akan ditebang dengan pengelompokan pohon menurut nama perdagangan dan kelas diameter, untuk petak kerja tahunan dan kemudian direkapitulasi untuk seluruh blok kerja tahunan yang bersangkutan.

f) Pembuatan peta.
   - Letak pohon inti, pohon yang akan ditebang dan pohon yang dilindungi dipetakan dalam peta letak pohon skala 1 : 1.000. Peta tersebut terdapat pohon inti, pohon yang akan ditebang dan pohon yang akan dilindungi dibedakan dengan tanda sebagai berikut:
     - Pohon inti : berupa lingkaran (0) dan diberi nomor.
     - Pohon yang akan ditebang : tanda silang (X) dilingkari dan diberi nomor.
     - Pohon yang dilindungi : tanda segitiga (A) dan diberi nomor.

g) Data dan informasi keadaan lapangan dibuat peta konfigurasi lapangan dari blok kerja tahunan dengan skala 1 : 10.000. Pada peta tersebut digambarkan sungai/anak sungai dan lokasi-lokasi yang mempunyai sifat khusus.

- Pelaporan.
    - Laporan hasil kegiatan ITSP pada blok kerja tahunan disampaikan paling lambat 1 tahun sebelum pelaksanaan penebangan (Et — 1) kepada:
        - Kantor Dinas Kehutanan Provinsi Daerah Tingkat 1.
        - Direktorat Jenderal Bina Usaha Kehutanan (tembusan).
- Isi laporan tersebut, meliputi:
    - Pendahuluan.
    - Rencana Kegiatan ITSP (sesuai dengan RKT).
    - Realisasi Kegiatan ITSP (mencakup tahapan kegiatan, lokasi kegiatan, keberadaan pohon inti dan pohon yang akan ditebang, pohon yang dilindungi serta potensi tegakannya).
    - Lampiran-lampiran berupa peta kerja skala 1 : 20.000, peta pohon (semua petak kerja tahunan) skala 1 : 1.000 dan peta konfigurasi lapangan (blok kerja tahunan) skala 1 : 10.000.

j. Pelasanaan Inventariasai Pohon Hutan Alam

Data inventarisasi pohon hutan alam , apa saja yang perlu anda ambil?, apakah cukup data kayu yang sudah siap untuk ditebang atau semua data yang mendukung dengan kegiatan pengusahaan hutan.

Agar lebih paham mari kita pelajari, tentang pengambilan data inventarisasi hutan.

1) Kondisi Tegakan

a) Tingkat pancang

Data yang ada digunakan untuk mengetahui luas kawasan yang berisi pancang. Luas ini didekati dengan menggunakan proporsi jumlah plot-plot sampel yang berisi pancang terhadap jumlah seluruh plot sampel. Teknik menggunakan pemetaan topografi, juga dapat diperoleh gambaran kasar tentang posisi-posisi kawasan yang berisi permudaan tingkat pancang. Jumlah absolut

Permudaan tingkat pancang, tidak dibutuhkan mengingat bahwa dinamika mortalitasnya masih tinggi.

b) Tingkat tiang

Data tingkat tiang dapat digunakan untuk mengetahui kerapatan pohon berdasarkan kelompok jenis dan distribusi kualitas tajuk pohon tingkat tiang. Kerapatan pohon tingkat tiang kemudian di kelompokkan dalam kelas-kelas kerapatan yang berjumlah antara 5 sampai 6 kelas.

Penggabungan data posisi dan kelas kerapatan ini akan menghasilkan peta kerapatan tiang. Kombinasi peta kerapatan dengan data kualitas tajuk akan sangat bermanfaat sebagai pertimbangan dalam pemberian perlakuan silvikultur pada tegakan, misalnya penjarangan untuk memacu pertumbuhan tiang.

c) Tingkat pohon kecil

Data yang diperoleh dari inventarisasi ini akan dapat digunakan untuk mengetahui berbagai hal. Analisis data dinyatakan dalam bentuk gambar atau tabel berdasarkan kelompok jenis dan kelas diameter. Informasi yang dihasilkan (berdasarkan kelompok jenis dan kelas diameter) adalah:

- Kerapatan pohon kecil;
- Distribusi spasial volume;
- Struktur vertikal tegakan (dari distribusi tinggi total dan tinggi bebas cabang serta kurva tinggi);
- Kualitas tajuk tegakan;
- Distribusi cacat batang;

Kerapatan pohon kecil dan distribusi volume digunakan untuk pertimbangan pemeliharaan tegakan dan proyeksi produksi. Distribusi spasial volume dibuat dengan mengelompokkan petak-petak tebang berdasarkan kelas volume. Banyaknya kelas volume ditentukan 5 – 6 kelas, interval kelas disesuaikan dengan nilai terkecil dan nilai terbesar volume yang ada.

Struktur vertikal digunakan untuk memberi gambaran tentang site di kawasan yang bersangkutan. Kualitas tajuk diolah untuk memberikan gambaran tentang pertumbuhan tegakan, sedang distribusi cacat batang digunakan untuk mendeskripsikan kualitas kayu produksi di masa depan.

d) Tingkat pohon besar

Pada dasarnya informasi yang digali dari data pohon besar serupa dengan informasi dari pohon kecil. Analisis dinyatakan berdasarkan pengelompokkan jenis dan kelas diameter. Informasi tingkat pohon besar yang digali adalah :

- Kerapatan pohon;
- Distribusi spasial volume
- Struktur vertikal tegakan;
- Distribusi volume berdasarkan kelompok jenis dan kelas cacat;
- Distribusi volume kayu yang dapat dimanfaatkan.

3. Refleksi

a. Diameter pohon adalah panjang garis antara dua titik pada garis lingkaran batang yang melalui titik pusat. Mengukur diameter artinya mengukur panjang garis antara dua titik pada garis lingkaran batang yang melalui titik pusat.

b. Tinggi pohon merupakan jarak terpendek antara titik tertinggi dari pohon terhadap proyeksinya pada bidang datar, sedangkan panjang pohon dikategorikan sebagai jarak antara dua titik antara pangkal dengan ujung pohon yang diukur baik mengikuti garis lurus bagi pohon yang lurus maupun tidak diukur bagi pohon yang bentuknya tidak lurus.

c. Alat ukur diameter dapat dikelompokkan berdasarkan cara kerja dan komponen alatnya, yaitu alat ukur diameter sederhana dan alat ukur diameter optik. Jenis-jenis alat ukur diameter sederhana yaitu Caliper, Garpu pohon, Pita diameter dan Biltmore Stick, sedangkan alat ukur diameter optik adalah Spiegel Relaskop.

d. Berdasarkan cara kerjanya, alat ukur tinggi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu alat ukur sederhana dan alat ukur optik, dimana prinsip kerja alat ukur tinggi pohon tersebut didasarkan pada prinsip geometrik dan trigonometrik.

e. Alat ukur tinggi pohon dengan prinsip geometrik dihitung berdasarkan persamaan segitiga sebangun. Beberapa jenis alat dengan prinsip geometri diantaranya walking stick dan Christen Meter.

f. Alat ukur tinggi dengan prinsip trigonometri mengukur sudut lereng pada pembidikan ke pangkal dan puncak pohon terhadap bidang mendatar. Skala alat bisa ditentukan berdasarkan besarnya sudut,persen sudut, dalam bentuk tangens maupun dalam skala tinggi pohon. Beberapa jenis alat dengan prinsip trigonometrik diantaranya hagameter, clinometer, dan spiegel relaskop.

g. Bidang dasar dapat diartikan sebagai penampang lintang batang pohon. Alat Ukur Bidang Dasar Tegakan diantaranya adalah Bitterlich Stick dan Spiegel Relaskop.

Mohon untuk mengisi lembar refleksi dibawah ini berdasarkan materi yang anda sudah pelajari

a. Bagaimana kesan anda selama mengikuti pembelajaran ini?

………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………….

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pelajaran ini ?

………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………….

c. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pembelajaran ini ?

………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………….

d. Tuliskan secara ringkas apa yang anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………….

………………………………………………………………………………………….

4. Tugas

a. Pada ketinggian berapakah diameter pohon diukur. Jelaskan secara singkat alasan penentuan ketinggian pohon!.
b. Sebutkan dan jelaskan (jika perlu dengan bantuan gambar) alat ukur diameter batang dan diameter pohon!.
c. Sebuah batang mempunyai diameter pangkal, tengah dan ujung masing--masing sebesar 50 cm, 40 cm, dan 30 cm. Jika diketahui panjang batang 10 meter, hitunglah volume batang termaksud dengan menggunakan Rumus Smallian, Huber, dan Newton!
d. Menurut pendapat saudara, diantara ketiga hasil perhitungan pada no. c di atas manakah yang paling tepat?
e. Dengan menggunakan hasil yang dimaksud pada soal No.c, hitunglah angka bentuk dari batang yang bersangkutan!
f. Sebatang pohon mempunyai keliling pada ketinggian tertentu sebesar 110 cm. Berapakah diameter batang pada ketinggian termaksud?
g. Apakah nama dari alat ukur tinggi pohon? Sebutkan pula beberapa alat ukur tinggi yang saudara ketahui!
h. Mengacu pada prinsip-prinsip yang mendasari pengukuran tinggi pohon, bagaimanakah pohon yang condong atau miring seharusnya diukur?
i. Buat kelompok kerja, untuk bisa mengisi tally sheet yang ada di bawah ini, kerjakan pada areal hutan yang ada disekitar sekolah anda.

Kelompok Hutan : ....
Blok : ....
Luas : ....
No Petak : ....
No Jalur : ....

Tanggal Pengamatan : ....
Arah Jalur : ....
Nama Regu : ....

No Hm	No Pohon	Nama Pohon		Keliling	Tbc	Pohon Inti	Ket*
		Lokal	Latin				

*Diisi dengan keadaan lapangan (lereng, lapangan, tumbuhan bawah dan kondisi tanah)

5. Tes Formatif

Test ini merupakan bahan pengecekan bagi siswa dan guru untuk mengetahui sejauh mana penguasaan hasil belajar yang telah dicapai, oleh karena itu siswa harus mengerjakan test ini dengan benar sesuai dengan kemampuan sendiri.

1. Alat pengukur diameter yang menyajikan ukuran diameter dalam satuannya adalah…
   a. Roll meter
   b. Haga meter
   c. Phiband
   d. Crhisten meter
   e. Walking stick
2. Pengukuran diameter pohon lazim dilakukan pada ketinggian pohon ……, karena dianggap pada ketinggian tersebut pertumbuhan pohon relatif normal.
   a. Pangkal pohon
   b. Bebas cabang
   c. 1,78 m dari permukaan tanah
   d. 1,3 m dari permukaan tanah
   e. 1,3 cm dari permukaan tanah
3. Pengukuran diameter terhadap pohon bercabang pada ketinggian satu meter, pengukuran diameter dilakukan terhadap?
   a. Batang utama
   b. Masing-masing cabang pohon
   c. Salah satu cabang pohon
   d. Batang utama dan masing-masing cabang
   e. Tidak perlu diukur
4. Pengukuran diameter pohon terhadap pohon berbanir sampai dengan ketinggian 2 meter adalah…
   a. Setinggi dada
   b. Ukur dengan banirnya
   c. 20 cm dibawah banir
   d. 20 cm diatas banir
   e. Tidak usah diukur
5. Pada saat melakukan pengukuran diameter dengan menggunakan alat ukur phiband menunjuk pada angka 31,4 cm. Berapakah diameter pohon tersebut?

a. 10 cm
b. 31,4 cm
c. 98,6 cm
d. 7,4 cm
e. 30,5 cm

6. Seorang siswa SMK Kehutanan sedang melakukan pengukuran diameter pohon menggunakan Spiegel relaskop. Jarak pengukuran terhadap pohon adalah 10 meter. Pohon yang diukur masuk kedalam 1 ¾ bagian skala, maka diameter pohon tersebut jika dihitung menggunakan BAF 1 adalah…
   a. 25 cm
   b. 30 cm
   c. 45 cm
   d. 35 cm
   e. 40 cm
7. Alat pengukur tinggi pohon yang menggunakan prinsip geometrik adalah..
   a. Abney level
   b. Haga
   c. Spiegel relaskop
   d. Clinometer
   e. Christen meter
8. Sebuah alat christen meter dengan panjang 30 cm digunakan untuk mengukur tinggi pohon mahoni. Galah sepanjang 4 meter digunakan untuk alat bantu pengukuran. Berapakah tinggi pohon mahoni tersebut apabila pembacaan skala pada alat adalah 6cm.
   a. 15 meter
   b. 20 meter
   c. 25 meter
   d. 30 meter
   e. 35 meter
9. Seorang siswa mengukur tinggi pohon tusam menggunakan haga dengan jarak bidikan 15 meter. Bidikan ke ujung pohon menghasilkan angka +10, dan bidikan ke pangkal menghasilkan angka +0,5. Berapakah tinggi pohon tusam tersebut?
   a. 10,5 meter
   b. 15 meter
   c. 9,5 meter
   d. 25 meter
   e. 25,5 meter

10. Berapakah luas bidang dasar pohon bungur jika hasil pengukuran diameternya menggunakan califer adalah 16 cm dan 18 cm.

f. 13,3 cm^2
g. 12,6 cm^2
h. 14,1 cm^2
i. 9,3 cm^2
j. 15 cm^2

Setelah anda mengerjakan test di atas, cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat di bagian akhir buku teks siswa ini. Hitung jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan hasil belajar terhadap materi kegiatan pembelajaran.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\Sigma \text{ Jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Keterangan : Jawaban benar dengan skore 1 dan jawaban salah skore 0

Nilai yang diperoleh siswa kemudian dikategorikan sesuai dengan tabel status penguasaan hasil belajar di bawah ini :

Penguasaan Hasil Belajar	Tingkat Penguasaan	Kriteria	Tindak Lanjut
Belum Menguasai	< 70 %	kurang	Mengulangi lagi kegiatan pembelajaran Secara keseluruhan
Sudah Menguasai	70 % – 79 %	cukup	Penguatan dan Pengayaan dengan bimbingan guru terhadap materi yang belum tuntas
	80 % – 90 %	baik	Penguatan dan Pengayaan melalui belajar mandiri terhadap materi yang belum tuntas
	> 90 %	baik Sekali	Dapat langsung melaksanakan evaluasi untuk mengukur ketuntasan belajar

C. Penilaian

<table>
<tr><th rowspan="2">Indikator</th><th colspan="3">Penilaian</th></tr>
<tr><th>Teknik</th><th>Bentuk Instrumen</th><th>Butir Soal/Instrumen</th></tr>
<tr><td>Sikap

2.1
• Menampilkan perilaku rasa ingin tahu dalam melakukan observasi
• Menampilkan perilaku obyektif dalam kegiatan observasi
• Menampilkan perilaku jujur dalam melaksanakan kegiatan observasi</td><td>Non Tes</td><td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td><td>1. Rubrik Penilaian Sikap
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Menanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Mengamati</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menalar</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Mengolah data</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Menyimpulkan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Menyajikan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
Kriteria Terlampir</td></tr>
<tr><td>2.2
• Konsolidasikan hasil observasi kelompok
• Menampilkan hasil kerja kelompok
• Melaporkan hasil diskusi kelompok</td><td>Non Tes</td><td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td><td>2. Rubrik Penilaian Diskusi
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Terlibat penuh</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Bertanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menjawab</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Memberikan gagasan orisinil</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Kerja sama</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Tertib</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>2.3
• Menyumbang pendapat tentang Menerapkan pengkuran dimensi pohon</td><td>Non Tes</td><td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td><td>3. Rubrik Penilaian Presentasi
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Kejelasan Presentasi</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Pengetahuan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Penampilan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>Pengetahuan

1. Mengenal alat-alat Jenis-jenis alat pengukuran dimensi pohon
2. Memahami pengukuran diameter pohon
3. Memahami penggunaan alat ukur luas dasar</td>
<td>Tes</td>
<td>Uraian</td>
<td>1. Sebutkan Jenis-jenis alat ukur diameter pohon.
2. Sebutkan jenis-jenis alat ukur ketinggian pohon
3. Sebutkan jenis dan kegunaan alat-alat pengukuran bidang Dasar Tegakan.</td>
</tr>
<tr>
<td>Keterampilan

1. Menggunakan jenis-jenis alat ukur dimensi
2. Mengoperasikan alat-alat pengukur tinggi pohon
3. Dapat mengoperasikan alat ukur bidang dasar tegakan</td>
<td>Non Tes (Tes Unjuk Kerja)</td>
<td></td>
<td>1. Rubrik Sikap Ilmiah

<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Menanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Mengamati</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menalar</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Mengolah data</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Menyimpul kan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Menyajikan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

2. Rubrik Penilaian Penggunaan alat dan bahan

<table>
<tr><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaiaan</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>Cara merangkai alat</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Cara menuliskan data hasil pengamatan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Kebersihan dan penataan alat</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

Lampiran Rubrik & Kriteria Penilaian :

1. Rubrik Sikap Ilmiah

No	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1	Menanya				
2	Mengamati				
3	Menalar				
4	Mengolah data				
5	Menyimpulkan				
6	Menyajikan				

Kriteria

a. Aspek menanya **:**

Skor 4 : jika pertanyaan yang diajukan **sesuai** dengan permasalahan yang sedang dibahas

Skor 3 : jika pertanyaan yang diajukan **cukup** sesua dengan permasalahan yang sedang dibahas

Skor 2 : jika pertanyaan yang diajukan **kurang sesuai** dengan permasalahan yang sedang dibahas

Skor 1 : Tidak menanya

b. Aspek mengamati :

Skor 4 : Terlibat dalam pengamatan dan aktif dalam memberikan pendapat

Skor 3 : Terlibat dalam pengamatan

Skor 2 : Berusaha terlibat dalam pengamatan

Skor 1 : Diam tidak aktif

c. Aspek menalar

Skor 4 : Jika nalarnya benar

Skor 3 : Jika nalarnya hanya sebagian yang benar

Skor 2 : Mencoba bernalar walau masih salah

Skor 1 : Diam tidak bernalar

d. Aspek mengolah data :

Skor 4 : Jika Hasil Pengolahan data benar semua

Skor 3 : Jika hasil pengolahan data sebagian besar benar

Skor 2 : Jika hasil pengolahan data sebagian kecil benar

Skor 1 : Jika hasil pengolahan data salah semua

e. Aspek menyimpulkan **:**

Skor 4 : jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya benar

Skor 3 : jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya benar

Skor 2 : kesimpulan yang dibuat sebagian kecil benar

Skor 1 : Jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya salah

f. Aspek menyajikan

Skor 4 : Jika laporan disajikan secara baik dan dapat menjawabsemua petanyaan dengan benar

Skor 3 : Jika laporan disajikan secara baik dan hanya dapat menjawab sebagian pertanyaan

Skor 2 : Jika laporan disajikan secara cukup baik dan hanya sebagian kecil pertanyaan yang dapat di jawab

Skor 1 : Jika laporan disajikan secara kurang baik dan tidak dapat menjawab pertanyaan

2. Rubrik Penilaian Diskusi

No	Aspek	Penilaian			
		4	3	2	1
1	Terlibat penuh				
2	Bertanya				
3	Menjawab				
4	Memberikan gagasan orisinil				
5	Kerja sama				
6	Tertib				

Kriteria

a. Aspek Terlibat penuh :

Skor 4 : Diskusi kelompok terlihat aktif, tanggung jawab, mempunyai pemikiran/ide, berani berpendapat

Skor 3 : Diskusi kelompok terlihat aktif, dan berani berpendapat

Skor 2 : Diskusi kelompok kadang-kadang berpendapat

Skor 1 : Diam sama sekali tidak terlibat

b. Aspek bertanya :

Skor 4 : Memberikan pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang jelas

Skor 3 : Memberikan pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang kurang jelas

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan pertanyaan

Skor 1 : Diam sama sekali tdak bertanya

c. Aspek Menjawab :

Skor 4 : Memberikan jawaban dari pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang jelas

Skor 3 : Memberikan jawaban dari pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang kurang jelas

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan jawaban dari pertanyaan kelompoknya

Skor 1 : Diam tidak pernah menjawab pertanyaan

d. Aspek Memberikan gagasan orisinil :

Skor 4 : Memberikan gagasan/ide yang orisinil berdasarkan pemikiran sendiri

Skor 3 : Memberikan gagasan/ide yang didapat dari buku bacaan

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan gagasan/ide

Skor 1 : Diam tidak pernah memberikan gagasan

e. Aspek Kerjasama :

Skor 4 : Diskusi kelompok terlibat aktif, tanggung jawab dalam tugas, dan membuat teman-temannya nyaman dengan keberadaannya

Skor 3 : Diskusi kelompok terlibat aktif tapi kadang-kadang membuat teman-temannya kurang nyaman dengan keberadaannya

Skor 2 : Diskusi kelompok kurang terlibat aktif

Skor 1 : Diam tidak aktif

f. Aspek Tertib :

Skor 4 : Diskusi kelompok aktif, santun, sabar mendengarkan pendapat teman-temannya

Skor 3 : Diskusi kelompok tampak aktif,tapi kurang santun

Skor 2 : Diskusi kelompok suka menyela pendapat orang lain

Skor 1 : Selama terjadi diskusi sibuk sendiri dengan cara berjalan kesana kemari

3. Rublik Penilaian Penggunaan Alat / bahan

Aspek	Skor			
	4	3	2	1
Cara merangkai alat				
Cara menuliskan data hasil pengamatan				
Kebersihan dan penataan alat				

Kritera :

a. Cara merangkai alat :

Skor 4 : jika seluruh peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur

Skor 3 : jika sebagian besar peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur

Skor 2 : jika sebagian kecil peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur

Skor 1 : jika peralatan tidak dirangkai sesuai dengan prosedur

b. Cara menuliskan data hasil pengamatan :

Skor 4 : Jika seluruh data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar

Skor 3: Jika sebagian besar data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar

Skor 2: Jika sebagian kecil data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar

Skor 1 : Jika tidak ada data hasil pengamatan yang dapat dituliskan dengan benar

c. Kebersihan dan penataan alat :

Skor 4 : jika seluruh alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

Skor 3: jika sebagian besar alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

Skor 2 : jika sebagian kecil alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

Skor 1 : jika tidak ada hasil alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

4. Rubrik Presentasi

No	Aspek	Penilaian			
		4	3	2	1
1	Kejelasan Presentasi				
2	Pengetahuan :				
3	Penampilan :				

Kriteria

a. Kejelasan presentasi

Skor 4 : Sistematika penjelasan logis dengan bahasa dan suara yang sangat jelas

Skor 3 : Sistematika penjelasan logis dan bahasa sangat jelas tetapi suara kurang jelas

Skor 2 : Sistematika penjelasan tidak logis meskipun menggunakan bahasa dan suara cukup jelas

Skor 1 : Sistematika penjelasan tidak logis meskipun menggunakan bahasa dan suara cukup jelas

b. Pengetahuan

Skor 4 : Menguasai materi presentasi dan dapat menjawab pertanyaan dengan baik dan kesimpulan mendukung topik yang dibahas

Skor 3 : Menguasai materi presentasi dan dapat menjawab pertanyaan dengan baik dan kesimpulan mendukung topik yang dibahas

Skor 2 : Penguasaan materi kurang meskipun bisa menjawab seluruh pertanyaan dan kesimpulan tidak berhubungan dengan topik yang dibahas

Skor 1 : Materi kurang dikuasai serta tidak bisa menjawab seluruh pertanyaan dan kesimpulan tidak mendukung topik

c. Penampilan

Skor 4 : Penampilan menarik, sopan dan rapi, dengan penuh percaya diri serta menggunakan alat bantu

Skor 3 : Penampilan cukup menarik, sopan, rapih dan percaya diri menggunakan alat bantu

Skor 2 : Penampilan kurang menarik, sopan, rapi tetapi kurang percaya diri serta menggunakan alat bantu

Skor 1 : Penampilan kurang menarik, sopan, rapi tetapi tidak percaya diri dan tidak menggunakan alat bantu

Penilaian Laporan Observasi :

No	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1	Sistematika Laporan	Sistematika laporan mengandung tujuan, masalah, hipotesis, prosedur, hasil pengamatan dan kesimpulan.	Sistematika laporan mengandung tujuan, , masalah, hipotesis prosedur, hasil pengamatan dan kesimpulan	Sistematika laporan mengandung tujuan, masalah, prosedur hasil pengamatan Dan kesimpulan	Sistematika laporam hanya mengandung tujuan, hasil pengamatan dan kesimpulan
2	Data Pengamatan	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, grafik dan gambar yang disertai dengan bagian-bagian dari gambar yang lengkap	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, gambar yang disertai dengan beberapa bagian-bagian dari gambar	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, gambar yang disertai dengan bagian yang tidak lengkap	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk gambar yang tidak disertai dengan bagian-bagian dari gambar
3	Analisis dan kesimpulan	Analisis dan kesimpulan tepat dan relevan dengan data-data hasil pengamatan	Analisis dan kesimpulan dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan	Analisis dan kesimpulan dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan tetapi tidak relevan	Analisis dan kesimpulan tidak dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan
4	Kerapihan Laporan	Laporan ditulis sangat rapih, mudah dibaca dan disertai dengan data kelompok	Laporan ditulis rapih, mudah dibaca dan tidak disertai dengan data kelompok	Laporan ditulis rapih, susah dibaca dan tidak disertai dengan data kelompok	Laporan ditulis tidak rapih, sukar dibaca dan disertai dengan data kelompok

Kegiatan Pembelajaran 2 : Taksiran Volume Kayu per Ha (80 JP)

A. Deskripsi

Taksiran volume kayu per hektar didapatkan dari data di lapangan berupa data numerik yang diambil dari diameter pohon berdiri. Ketinggian dari suatu pohon resebut dan luasan bidang dasar dari hutan tersebut,

B. Kegaiat Pembelajaran

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran, siswa diharapkan dapat;

a. Menghitung volume pohon,
b. Merekap volume pohon dihitung secara manual dan komputer, dan
c. Mengolah data valume pohon.

2. Uraian Materi

a. Pengertian Volume pohon

Volume (v) merupakan ukuran tiga dimensi dari suatu benda atau obyek yang dinyatakan dalam kubik, yang diperoleh dari hasil perkalian satuan dasar panjang, lebar/tebal serta tinggi. Asumsinya bahwa penampang lintang batang pohon berbentuk lingkaran, maka Volume pohon didefinisikan sebagai ukuran tiga dimensi pohon, yang bergantung dari luas bidang dasar pangkal, tinggi atau panjang batang, dan konstanta/faktor bentuk batang. Bentuk fisik pohon dalam perhitungan volume bisa berbentuk pohon berdiri atau pohon yang sudah berbentuk log/sortimen.

Volume pohon berdiri menurut dimensi tingginya dapat dibagi menjadi beberapa kategori volume, yaitu :

1) Volume total, yaitu volume yang dihitung atas dasar tinggi total (sampai puncak) pohon dan ditambah volume cabang dan ranting
2) Volume batang, yaitu volume yang dihitung atas dasar tinggi total (sampai puncak) pohon tanpa volume cabang dan ranting
3) Volume kayu tebal, yaitu volume yang dihitung atas dasar tinggi kayu tebal (biasanya sampai diameter 7 cm atau 10 cm untuk jenis-jenis conifer) tanpa volume cabang dan ranting. Juga merupakan volume kayu pertukangan untuk jenis daun jarum (conifer).
4) Volume bebas cabang, yaitu volume yang dihitung atas dasar tinggi bebas cabang tanpa volume cabang dan ranting, merupakan volume kayu pertukangan untuk jenis daun lebar (hardwood).

b. Pengukuran Volume pohon

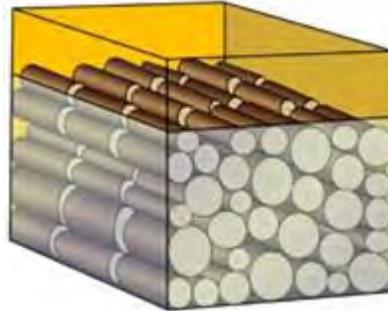
Ada beberapa cara yang bisa dipergunakan apabila akan menghitung volume pohon, yaitu dengan cara langsung dan cara tidak langsung. Penentuan volume dengan cara langsung hanya bisa dilakukan untuk kayu dalam bentuk sortimen (log), dengan menggunakan alat yang disebut xylometer.

Berikut cara pengukuran volume atau isi suatu benda, yaitu:

1) Cara analitik;

   Volume suatu benda ditentukan dengan menggunakan rumus-rumus volume (isi). Cara ini terutama ditujukan pada benda-benda yang berbentuk teratur seperti :

   a) Benda segi banyak : Prisma, Piramida
   b) Benda putar : Silinder, Parabola, Kerucut, Neoloid

Pohon berbentuk silindris, sehingga perhitungan volume dengan cara analitik hanya cocok untuk kayu gergajian yang bentuknya teratur.

Gambar 64. Cara menghitung volume kayu dengan Xylometer

2) Cara Langsung;

   Volume suatu benda ditentukan tanpa mengukur dimensinya. Pergunakan alat ukur Xylometer, yaitu suatu alat yang berprinsip pada hukum Archimedes, dimana ”volume suatu benda sama dengan volume zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut”. Pengukuran volume dengan cara ini ditujukan pada benda-benda yang bentuknya tidak teratur yang tidak mungkin diukur dimensinya.

   Xylometer merupakan alat ukur volume berupa bak berbentuk persegi yang diisi air. Cara pengukurannya yaitu sortimen yang akan diukur volumenya dimasukkan ke dalam bak berisi air. Volume kayu adalah pertambahan tinggi air dalam bak dikalikan luas penampang bak. Atau apabila bak diisi penuh air, maka air akan tumpah. Volume pohon/log adalah volume air yang tumpah tersebut. Pengukuran volume dengan cara ini kurang praktis untuk diterapkan, biasanya hanya digunakan pada skala penelitian

3) Cara Grafik

   Penentuan volume dengan cara tidak langsung dilakukan dengan metode grafis, maka cara ini dimensi suatu benda dipindahkan ke dalam

bentuk grafis. Dasar kerjanya adalah angka-angka diameter atau kaudratnya dan panjang atau tinggi diplotkan pada kertas grafis atau salib sumbu. Penentuan volume metode grafis pada dasarnya adalah dengan cara memplotkan pasangan data diameter atau luas bidang dasar dan tinggi atau panjang masing-masing pada sumbu absis dan sumbu ordinat dari diagram cartesius, sehingga dapat dibuat garis yang menghubungkan titik-titik koordinat yang berurutan membentuk sebuah kurva yang menggambarkan pola bentuk batang, kemudian dihitung luas daerah dibawah kurva di atas sumbu absis. Volume batang adalah luas daerah dikalikan dengan sebuah konstanta yang besarnya bergantung faktor skala dan pengaruh satuan pada absis maupun ordinat. Volume benda dihitung berdasarkan rumus :

V = c. L;

c = A x P

dimana :

V = Volume

c = Faktor konversi

L = Luas gambar

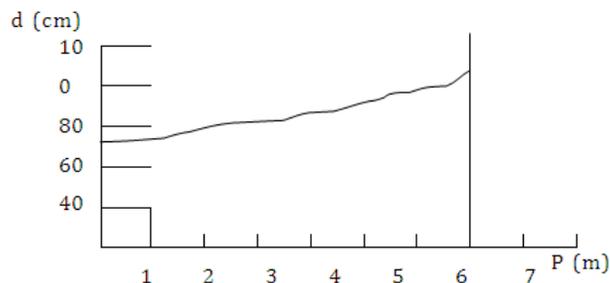
A = Luas penampang lintang dalam satuan skala dari salib sumbu

P = Panjang benda dalam satuan skala dari salib sumbu

Contoh :

Berikut ini adalah grafik bentuk benda hasil pengeplotan diameter dan panjang.

Besar c adalah :

$c = ¼ \pi d2 \times t$

$c = ¼ \pi (20/100)2 m \times 1 m$

$= 0,0314 m3$

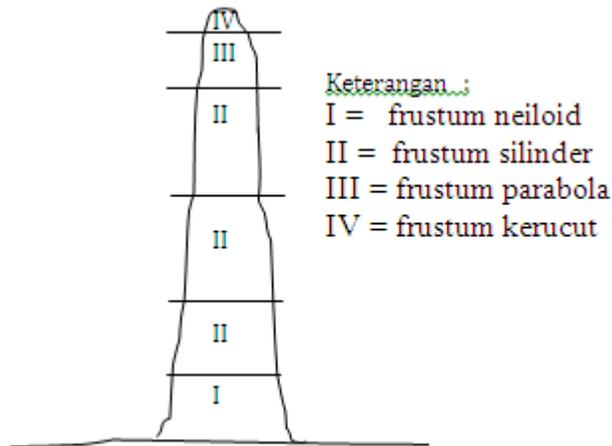
Apabila dalam salib sumbu digunakan dalam satuan sentimeter, maka tiap dot grid luasnya adalah 1 cm^2.

Besarnya volume tiap dot grid = L x c = 1 x c, jadi volume = jumlah dot grid x c.

4) Penggunaan Rumus Volume

Menurut bentuk fisiknya, pohon dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu:

a) Pohon yang batang utamanya berbentuk teratur , batang lurus dan mengerucut dari pangkal hingga puncaknya (Excurent Type). Pada umumnya dijumpai pada batang pohon jenis daun jarum. Sering diasumsikan bahwa batang terdiri dari frustum berbentuk neiloid, kerucut, atau parabola. Umumnya batang berbentuk antara kerucut dan parábola.
b) Pohon yang batang utamanya berbentuk tidak teratur, pada ketinggian tertentu bercabang-cabang besar (Deliquescent Type). Pada umumnya dijumpai pada batang pohon jenis daun lebar. Sering diasumsikanb bahwa batang (komersial) terdiri dari frustum berbentuk neiloid, kerucut, atau parabola (atau sesekali silinder). Umumnya batang berbentuk antara kerucut dan parábola.

Berdasarkan bentuk geometrisnya, batang pohon memiliki bentuk yang mendekati benda-benda putar yang membentuk frustum silinder, frustum parabola, frustum kerucut dan frustum neiloid. Bentuk batang dengan deretan frustum tersebut tersusun seperti gambar dibawah ini :

Gambar 65. Volume dertean Frustum

Rumus-rumus yang umum digunakan (Husch et al., 2003):

NAMA	RUMUS	BENTUK FRUSTUM
Huber	V = gm x L	Parabola
Smalian	$V = \left(\frac{g1+g2}{2}\right) x\ L$	Parabola
Newton	$V = \left(\frac{g1+4\ gm+g2}{6}\right) x\ L$	Neiloid, Kerucut, Parabola

Keterangan :

g1 = ¼ π d^2 = luas penampang pada diameter pangkal

gm = ¼ π d^2 = luas penampang pada diameter tengah

g2 = ¼ π d^2 = luas penampang pada diameter ujung

L = panjang batang/sortimen

Penggunaan persamaan diatas adalah sebagai berikut :

a) Rumus Smalian seharusnya digunakan pada sortimen pendek (±1m)
b) Sortimen yang panjang (± 3 – 6 m), rumus Newton atau Huber akan lebih akurat
c) Rumus Newton akan memberikan hasil yang akurat pada semua bagian batang, kecuali pada bagian pangkal yang terlalu menggembung

Penentuan volume pohon/tegakan yang masih berdiri dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

a) Volume seksi batang

Batang pohon apabila dilihat mulai dari pangkal hingga ujung memiliki bentuk batang/frustum yang berlainan, mulai dari frustum neiloid, silinder, parabola dan kerucut, sehingga apabila penentuan volume dilakukan secara langsung maka akan diperoleh volume lebih besar melebihi yang sebenarnya. Hal tersebut dapat diatasi yaitu dengan cara batang pohon dibagi menjadi beberapa bagian/seksi dimana setiap seksi diukur dan ditentukan volumenya. Volume pohon merupakan jumlah dari seluruh seksi.

Gambar 66. Perhitungan Volume pohon berdasarkan volume seksi

Volume pohon dengan mempertimbangkan angka bentuk

Penentuan volume pohon dapat digunakan rumus sebagai berikut :

V pohon = ¼ π d^2 x h x f

dimana :

V = Volume pohon (m^3)

π = 3,141592654

d = Diameter pohon (cm)

h = Tinggi pohon bebas cabang (m)

f = Faktor angka bentuk

Angka bentuk adalah suatu bilangan yang besarnya diperoleh dari perbandingan antara volume batang dan volume tabung yang memiliki tinggi dan bidang dasar sama.

Cara menghitung kubikasi kayu log atau gelondong dengan rumus yang biasa digunakan adalah (P x D x D x 0,7854) : 10.000 = nilai kubikasi

Keterangan :

cara menghitung kubikasi kayu P adalah panjang kayu yang dinyatakan dalam satuan meter D adalah diameter kayu yang dinyatakan dalam satuan cm

Gambar 67. Perhitungan Kayu Log

Contoh kasus : Jika seseorang akan membeli sebuah kayu yang masih berupa gelondong dengan ukuran diameter 25 cm dan panjangnya 2 meter maka, jika menggunakan rumus di atas, nilai kubikasi yang terdapat pada kayu adalah (2 x 25 x 25 x 0,7854) : 10.000 = 0,098175 M3.

Jadi, besarnya nilai kubikasi pada satu gelondong kayu yang akan dibeli oleh orang tersebut sebesar 0,098175 atau hampir sepersepuluh kubik.

b) Tabel Volume

Apa yang anda ketahui tentang tabel volume ?. Tabel volume merupakan "suatu tabel yang mencantumkan nilai rata-rata volume pohon menurut satu atau lebih dimensi pohon (diameter setinggi dada, tinggi dan angka bentuk)" (Hush et al., 2003). Atau merupakan "suatu fungsi, tabel, atau grafik yang digunakan untuk menduga volume pohon berdiri berdasarkan dimensinya (dbh, tinggi, angka bentuk)" (Clutter et al., 1983).

Tabel volume adalah suatu tabel yang memuat tentang hubungan antara volume dengan peubah-peubah pohon lainnya, seperti diameter dan tinggi pohon. Tabel volume dimaksudkan merupakan suatu sarana atau alat bantu untuk mengetahui volume pohon berdiri secara praktis tanpa harus menghitung, karena nilai volume sacara langsung dapat terbaca pada tabel berdasarkan nilai hasil pengukuran diameter dan volume.

Pada kondisi tertentu terdapat Tabel Volume yang memuat hubungan antara volume dengan diameter tanpa memuat (tanpa tinggi). Tabel yang demikian ini disebut sebagai Tabel Volume Lokal, yang sekaligus memberi indikasi bahwa penggunaan tabel ini harus dibatasi pada tempat atau tegakan yang menjadi dasar penyusunannya.

Mengetahui volume pohon berdiri yaitu disamping informasi tentang diameter dan tinggi diperlukan juga informasi tentang unsur yang ketiga, yaitu faktor bentuk atau angka bentuk. Diantara ketiga unsur atau peubah tersebut, faktor bentuk merupakan unsure yang secara teknis paling sulit diukur, oleh karena informasi tentang unsur ini justru baru dapat diketahui setelah volume pohon yang sebenarnya diketahui/diukur terlebih dahulu. Sehubungan dengan

hal tersebut maka dalam praktek, sering digunakan suatu tetapan yang diberlakukan pada semua pohon dalam suatu tegakan.

Mudah dipahami bahwa pemakaian suatu angka bentuk yang sama untuk semua pohon dalam tegakan, kemungkinan akan memberikan nilai taksiran volume pohon yang kurang/tidak tepat. Hal ini dikemukakan dengan alas an bahwa angka bentuk individu pohon dalam tegakan akan bervariasi sebagai akibat dari berbagai faktor (baik faktor genetik maupun faktor lingkungan, termasuk factor persaingan dengan pohon-pohon yang ada di sekelilingnya), yang mempengaruhi perkembangan atau pertumbuhan pohon sepanjang umurnya.

Asumsi bahwa resultante dari factor tersebut akan terlihat dalam pertumbuhan diameter dan tinggi, maka dapat pula diasumsikan bahwa angka bentuk tersebut akan bervariasi (menurut ukuran diameter dan/atau tinggi) pohon. Pengaruh atau peranan angka bentuk dalam menentukan nilai volume dapat dinyatakan melalui diameter dan/atau tinggi.

Uraian diatas menunjukkan bahwa pemanfaatan hubungan antara volume dengan diameter dan tinggi dalam penaksiran volume dalam pohon berdiri diharapkan dapat memberikan nilai yang lebih mendekati volume setiap individu pohon yang sebenarnya, daripada pemanfaatan angka bentuk rata-rata pohon.

Berkaitan dengan paparan diatas, maka suatu hal yang perlu dicatat ialah bahwa Tabel Volume yang dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari sutu tegakan tertenti tidak dapat dipakai dalam penaksiran volume tegakan di tempat lain, kecuali jika kondisi pertumbuhan tegakan yang akan ditaksir volumenya sama dengan kondisi pertumbuhan.

Tabel volume ini merupakan alat yang umum digunakan dalam bidang kehutanan untuk menduga volume tegakan dari data inventarisasi. Husch et al (1972) menyatakan tabel volume adalah nilai-nilai volume dalam meter kubik atau satuan lain yang disusun dalam bentuk tabel berdasarkan satu lebih dimensi pohon. Dimensi-dimensi pohon yang dimaksudkan adalah diameter, tinggi, taper dan lain-lain.

Prinsip penyusunan tabel volume adalah melalui pengukuran diameter dan tinggi yang selanjutnya volume dihitung berdasarkan rumus persamaan volume dan dimasukkan kedalam tabel. Tahapan penyusunan table volume pohon meliputi pemilihan pohon contoh yang mewakili, pengukuran peubah-peubah bebas pohon contoh, metode perhitungan dan penaksiran volume pohon, pemilihan model persamaan volume dan pemilihan model persamaan volume.

Jenis/macam tabel volume :

- Tabel volume lokal (local volume table) :
  - Disebut pula Tarif Volume
  - Volume hanya diduga dari diameter (dbh) ⇒ $V = f(D)$
  - Digunakan hanya pada lokasi terbatas
- Tabel volume standar (standard volume table) :

  Volume diduga dari diameter dan tinggi (total, bebas cabang, atau batas tertentu) pohon ⇒ $V = f(D, H)$

- Tabel volume kelas bentuk :
  - Volume diduga dari diameter, tinggi, dan angka bentuk pohon ⇒ $V = f(D, H, F)$
  - Jenis tabel ini jarang digunakan karena
    - Pengukuran diameter bagian atas sulit dilakukan (perlu waktu lama dan mahal)

- Variasi angka bentuk pohon berdampak kecil terhadap volume dibanding variasi diameter dan tinggi
- Pada beberapa jenis pohon, angka bentuk relatif tetap
- Umumnya angka bentuk berkorelasi dengan dimensi pohon, sehingga dbh dan tinggi cukup dapat menjelaskan keragaman volume pohon (Clutter et al., 1983) .

Keperluan penyusunan tabel volume diperlukan data pohon model (sampel), yaitu pohon-pohon yang telah diketahui dimensi pohonnya yang meliputi diameter pohon, tinggi dan volume. Pertanyaan tentang jumlah pohon contoh yang harus dipilih untuk membentuk tabel volume tidak mempunyai standar yang jelas. Umumnya makin banyak jumlah contoh makin tepat taksirannya, tetapi hal ini juga bergantung pada beberapa faktor misalnya kisaran diameter, tinggi, serta luas daerah contoh yang akan diduga. Berikut disajikan contoh bagan tabel volume ($V= \frac{1}{4} \pi d^2 \times h \times f$), yaitu:

Tabel 14. Volume Kelas Bentuk

Diameter(d) (cm)	Tinggi (h) (m)								
	5	6	7	8	9	10	11	12	dst
10									
11									
12									
dst									

Keuntungan penggunaan tabel volume dalam inventarisasi hutan adalah :

- Memungkinkan pengkuran terperinci pada sejumlah terbatas dari pohon yang secara bijaksana dipilih dalam areal berhutan (pohon sampel).
- Penaksiran volume yang objektif dari jumlah pohon yang lebih banyak dalam unit-unit samping.
- Penaksiran volume total dan volume rata-rata di dalam areal yang diinventarisasi

Hal-hal yang harus diperhatikan terhadap tabel volume apakah bisa diterapkan secara umum dalam kegiatan inventarisasi hutan, karena dalam penerapannya banyak hal yang harus diperhatikan antara lain:

- Apakah bentuk pohon yang diinventarisasi serupa dengan pohon pada pembuatan tabel volume tersebut.
- Apakah tinggi rata-rata kelas diameter dari species tertentu sama dalam dua wilayah tersebut.
- Apakah komposisi species pohon dalam areal yang diinventarisasi serupa dengan komposisi areal lain yang digunakan pada pembuatan tabel volume tersebut.

Agar tabel volume yang dibuat dapat diterapkan pada wilayah lain yang akan diinventarisasi, maka perlu dilakukan uji lapangan yaitu dengan cara pemilihan sejumlah sampel pohon untuk dihitung volumenya dengan menggunakan standar pengukuran dan metode yang sama seperti yang dipakai untuk menyusun tabel volume tersebut.

Tabel volume yang digunakan adalah tabel volume lokal atau tarif yaitu suatu tabel yang disusun sedemikian sehingga dengan mengetahui garis tengah atau keliling saja, volume pohon dapat diduga, maka dengan demikian untuk menduga volume tidak

dibutuhkan variabel tinggi pohon yang sulit pengukurannya di lapangan.

Metode yang banyak dipakai untuk menyusun tabel volume adalah metode analisis regresi, yaitu mencari hubungan antara volume batang pohon dengan peubah-peubah penaksirnya yang diperoleh dengan pengukuran sejumlah pohon contoh. Secara umum ada tiga macam tahapan dalam pembentukkan tabel volume:

- Pemilihan pohon-pohon contoh yang representatif
- Pengukuran dimensi pohon-pohon tersebut untuk memperoleh volumenya dan penggunaan metode statistika untuk menurunkan hubungan antara volume dengan peubah-peubah penduga.
- Pengujian hubungan tersebut untuk menentukan ketelitiannya.

Manfaat dari tabel volume pohon adalah untuk menduga dengan tepat volume total sejumlah pohon tanpa merebahkannya, dengan menggunakan pengukuran yang dapat dilakukan dengan tepat, mudah dan murah. Memilih persamaan volume, sebaiknya coba dahulu model yang sederhana, yaitu model dengan jumlah koefisien yang paling sedikit, misalnya:

- V = a + bd2
- V = adb
- V = a + bd2h
- V = a (d2h)b

c) Tahap Pembentukan Persamaan Volume

- Penentuan pohon-pohon sampel

  Penentuan sampel merupakan kegiatan untuk menentukan pohon-pohon yang dijadikan contoh untuk penyusunan tabel volume. Banyaknya sampel pohon rebah misalnya 300 pohon,

dimana 225 pohon digunakan untuk menyusun regresi dan 75 pohon digunakan untuk tujuan uji validasi dari persemaian volume terpilih dimana sampel pohon berasal dari lokasi yang sama. Adapun syarat-syarat pohon yang diambil sebagai sampel antara lain: lurus, tidak menggarpu, bebas dari serangan hama penyakit, batang tidak pecah, setelah tebang, apabila terjadi kesalahan teknis penebangan yang mengakibatkan pohon rusak, maka pohon tersebut tidak diambil sebagai sampel. Penggolongan kelas diameter bergantung daripada kisaran diameter yang terbesar pada lokasi penelitian.

Tabel volume sebaiknya dibuat 2 macam, yaitu tabel volume kayu produksi untuk pendugaan volume pohon-pohon berdiameter > 50 cm dan tabel volume untuk pohon-pohon berdiameter < 50 cm. Pemisahan kedua tabel volume ini akan meningkatkan kecermatan pendugaan.

- Pengukuran dan Pengumpulan Data
  - Memilih pohon-pohon contoh yang memenuhi kriteria sebagaimana diuraikan di atas.
  - Mengukur diameter setinggi dada (dsd) pada ketinggian 130 cm dari permukaan tanah atau 30 cm di atas banir untuk tinggi banir lebih dari 1 m.
  - Melakukan persiapan penebangan untuk menghindari batang pecah atau patah setelah rebah yang dilakukan oleh penebang (chainsawman).
  - Menghitung volume batang rebah dengan cara mengukur peubah-peubah volume yaitu diameter dan tinggi atau panjang batang. Pekerjaan yang dilakukan adalah:

- Mengukur panjang batang mulai dari potongan bawah sampai batang bebas cabang. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan pita ukur.
- Mengukur diameter setiap seksi dengan panjang 2 meter, untuk seksi terakhir panjang seksi sama dengan atau di bawah 2 meter. Pengukuran dilakukan dengan metode Smallian yaitu diameter diukur pada pangkal dan ujung seksi. Letak diameter pangkal seksi pertama adalah 30 cm di atas banir. Pengukuran dilakukan dengan melingkarkan pita diameter pada batang. Kesulitan yang terjadi jika disebabkan batang menempel pada tanah, maka dilakukan penggalian sampai pita diameter dapat dilingkarkan pada batang. Titik yang tidak dapat diukur, dilakukan interpolasi linier, untuk menduga diameter diperlukan 3 pembacaan, pertama adalah diameter pada titik sebelumnya, kedua adalah nilai diameter pada titik yang terdekat dengan titik yang diinginkan (lebih besar dari 2 m) dan yang ketiga adalah panjang atau jarak dari diameter pertama ke diameter kedua. Interpolasi linier menggunakan rumusan sebagai berikut :

  $$de = d1 - \frac{2}{1} * (d1 - d2)$$

  Dimana :

  de = diameter dugaan (diameter d titik 2 meter setelah d1 (cm)

  d1 = diameter sebelumnya (cm)

  d2 = diameter kedua (cm)

  l = Panjang (m)

Volume pohon dihitung dengan mencari volume semua seksi pohon pada pohon rebah, kemudian semua volume seksi dijumlahkan. Penentuan volume dilakukan berdasarkan panjang dan diameter seksi. Rumus yang digunakan adalah :

Rumus Smallian : V = L x (Gb + Gu) / 2

di mana :

V = Volume seksi (m3)

L = Panjang seksi (m)

Gb = Luas penampang lintang potongan bawah (m2)

Gm= Luas penampang lintang potongan tengah (m2)

Volume pohon per seksi diketahui dari perhitungan dengan menggunakan rumus Smalian. Volume pohon aktual merupakan jumlah dari volume semua seksi dari satu pohon sampel, atau :

$$Va = \sum_{i=1}^{n} Vi$$

dimana :

Va = volume aktual pohon (m3)

Vi = volume seksi ke-I dari satu pohon (m3)

Lembar Kerja Siswa

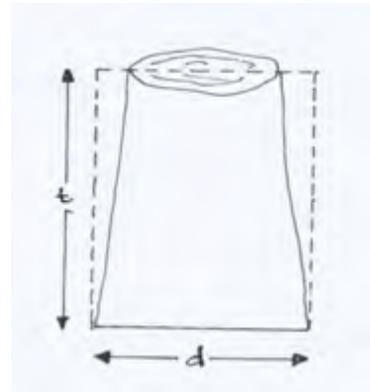
Penentuan Volume Per Seksi Dan Angka Bentuk Pohon

1) Pengantar

Pendekatan sederhana dalam penentuan volume pohon menggunakan rumus-rumus empiris adalah dengan mengasumsikan bahwa batang pohon berbentuk silinder sehingga dapat digunakan rumus silinder untuk menentukan volume pohon tersebut, namun dalam kenyataannya tidaklah ada pohon yang berbentuk silinder melainkan semakin meruncing seiring dengan semakin tingginya pohon. Pendekatan dengan rumus silinder haruslah dikoreksi dengan suatu angka yang disebut dengan angka bentuk pohon (f), dalam hal ini, angka bentuk pohon merupakan suatu faktor koreksi yang diperoleh dari perbandingan antara volume pohon dengan volume silinder yang mempunyai tinggi dan bidang dasar yang sama, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$f = \frac{V}{V_s},$$

dimana :

f	=	angka bentuk pohon,
V	=	volume pohon sebenarnya (dihitung dengan cara integrasi volume per seksi),
Vs	=	volume silinder

Berdasarkan bidang dasar yang digunakannya, dikenal ada 3 macam angka bentuk, yaitu :

a) **Angka bentuk tidak murni/buatan ($f_{1,30}$)**, yakni perbandingan antara volume batang pohon dengan volume silinder yang mempunyai bidang dasar pada bagian pohon setinggi 1,30 m di atas tanah (dat).

b) **Angka bentuk normal/nyata ($f_{0,90}$)**, yakni perbandingan antara volume batang pohon dengan volume silinder yang mempunyai bidang dasar pada bagian pohon setinggi sepersepuluh (1/10) dari tinggi total pohon.

c) **Angka bentuk mutlak/absolut (f_1)**, yakni perbandingan antara volume batang pohon dengan volume silinder yang mempunyai bidang dasar pada pangkal pohon.

Penentuan angka bentuk pohon, harus dilakukan pengukuran diameter per seksi dalam menentukan volume per seksi, dimana volume pohon sebenarnya diperoleh dari penjumlahan volume per seksi tersebut. Pengukuran diameter per seksi dilakukan dengan mengukur diameter batang (pangkal dan ujung) pada setiap panjang seksi yang ditentukan, misal : panjang seksi 2 m, dengan bantuan Spiegel Relaskop Bitterlich (SRB).

Pada praktikum kali ini, praktikan akan mempelajari dan mempraktikkan cara-cara penentuan volume pohon berdiri khususnya dengan menggunakan rumus-rumus empiris. Mengingat sortimen tidak tersedia maka pengukuran dilakukan dengan (mengandaikan) membuat sortimen pada pohon berdiri dengan panjang 150 cm. Selanjutnya, praktikan akan dapat membandingkan bias, ketelitian, dan ketepatan dari masing-masing rumus empiris sehingga dapat membuat rekomendasi tentang rumus manakah yang tepat bagi penentuan volume sortimen ataupun pohon berdiri. Selain itu, praktikan akan melakukan pengukuran diameter per seksi dan perhitungan volume per seksi. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, selanjutnya praktikan akan dapat menentukan angka bentuk pohon yang berguna untuk penentuan volume pohon dengan pendekatan silinder terkoreksi.

2) Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan :

Pohon contoh sebanyak 10 pohon yang ditentukan sendiri oleh anda. Sebaiknya data yang diambil terdiri dari pohon daun lebar dan daun jarum.

Alat

a) Spiegel Relaskop Bitterlich (SRB)
b) Pita ukur : *phi band* dan pita keliling
c) Alat tulis menulis
d) Talyy Sheet Pengukuran

3) Langkah Kerja

a) Buat Kelompok sebanyak 4/5 orang
b) Setiap kelompok mengambil alat ukur yang telah disediakan oleh guru atau pembimbing dilapangan
c) Pilih pohon yang anda amati (daun jarum maupun daun lebar)
d) Ukur diameter per seksi pada pohon contoh, yakni meliputi diameter pangkal (10 cm di atas tanah) dan diameter ujung. penentuan volume sebenarnya (sebagai pembanding), digunakan cara per seksi (menggunakan rumus Smalian) dengan membuat beberapa seksi yang panjangnya 2 meter. Selain itu, diukur pula diameter tengah pada pohon contoh untuk menerapkan rumus Huber dan Newton.
e) Isilah data anda pada *tally sheet* dibawah ini dan perhitungan volume pohon berdiri serta análisis data tersebut
f) Buat laporan pembahasan secara berkelompok.
g) Presentasikan hasil kerja kelompok anda di depan kelas

Tabel 15. Hasil Pengukuran Diameter per Seksi dan Perhitungan Volume per Seksi Pohon Contoh

No. Seksi	Posisi Pengukuran	Pohon 1 : ……………….			
		D_i (cm)	B_i (m^2)	L_i (m)	V_i (m^3)
	P_1	…	…		
1	$U_1 = P_2$	…	…	…	…
2	$U_2 = P_3$	…	…	…	…
3	$U_3 = P_4$	…	…	…	…
4	$U_4 = P_5$	…	…	…	…
5	$U_5 = P_6$	…	…	…	…
6	$U_6 = P_7$	…	…	…	…
7	$U_7 = P_8$	…	…	…	…
8	$U_8 = P_9$	…	…	…	…
9	$U_9 = P_{10}$	…	…	…	…
10	$U_{10} = P_{11}$	…	…	…	…
11	$U_{11} = P_{12}$	…	…	…	…
12	$U_{12} = P_{13}$	…	…	…	…
13	$U_{13} = P_{14}$	…	…	…	…
14	U_{14}	…	…	…	…
$D_{1,30}$ = dbh		…			
$D_{0,9}$		…			
$D_{0,5}$					
D_1		…			
Tinggi *)				…	
Volume (V)					….

No. Seksi	Posisi Pengukuran	Pohon 2 : ………………….			
		D_i (cm)	B_i (m^2)	L_i (m)	V_i (m^3)
	P_1	…	…		
1	$U_1 = P_2$	…	…	…	…
2	$U_2 = P_3$	…	…	…	…
3	$U_3 = P_4$	…	…	…	…
4	$U_4 = P_5$	…	…	…	…
5	$U_5 = P_6$	…	…	…	…
6	$U_6 = P_7$	…	…	…	…
7	$U_7 = P_8$	…	…	…	…
8	$U_8 = P_9$	…	…	…	…
9	$U_9 = P_{10}$	…	…	…	…
10	$U_{10} = P_{11}$	…	…	…	…
11	$U_{11} = P_{12}$	…	…	…	…
12	$U_{12} = P_{13}$	…	…	…	…
13	$U_{13} = P_{14}$	…	…	…	…
14	U_{14}	…	…	…	…
$D_{1,30}$ = dbh		…			
$D_{0,9}$		…			
$D_{0,5}$					
D_1		…			
Tinggi *)				…	
Volume (V)					…

Keterangan :

D_i = diameter pangkal atau ujung pada seksi ke-*i*

$D_{0,90}$ = diameter pada ketinggian 1/10 tinggi pohon,

D_1 = diameter pada pangkal pohon (20 cm dari atas tanah)

B_i = luas bidang dasar pangkal atau ujung seksi ke-*i* = $0,25\pi.D_i^2$

L_i = panjang seksi ke-*i*

Tinggi = jumlah panjang seksi = $\sum_{i=1}^{n} L_i$

Vi = volume seksi ke-*i* = $V_i = \left(\frac{1}{2}(B_{p_i} + B_{u_i})\right).L_i$ (rumus **Smalian**)

Tabel 16. Form Hasil Perhitungan Volume Pohon

No.	**Nama Pohon**	**Volume Pohon per Seksi (m^3), (V)**	**Volume Pohon dari Rumus Empiris (m^3)**				
			Brereton (V_1)	**Huber (V_2)**	**Smalian (V_3)**	**Newton (V_4)**	**Bruce (V_5)**
1							
2							

Tabel 17. Form Hasil Perhitungan Angka Bentuk Pohon

No.	**Nama Pohon**	**Dbh (cm)**	**$D_{0,90}$ (cm)**	**D_1 (cm)**	**Volume (m^3)**				**Angka Bentuk (f)**		
					V	**Vs**					
						$V_{1,30}$	**$V_{0,90}$**	**V_1**	**$f_{1,30}$**	**$f_{0,90}$**	**f_1**
1											
2											

Keterangan: *Vs* = volume silinder = $0,25\pi D^2.L$; *V* = total volume per seksi (dari Tabel 1) ; *f = V/Vs*

c. Pemasukan Data

Penyimpanan dan pengolahan data akan lebih efisien jika dilakukan secara digital. Data IHMB maka gunakan program spreadsheet. Program ini pada dasarnya terdiri dari baris dan lajur, sehingga format data IHMB harus disesuaikan dahulu. Agar terstruktur data dari satu jalur dimasukkan dalam satu file dan diberi nama yang bermakna, misalnya data Jalur 009 dimasukkan dalam data bernama JALUR 009.exl. Berikut contoh pemasukan data untuk hutan alam, namun untuk hutan tanaman isi kolomnya perlu disesuaikan.

Sebuah file spreadsheet akan mempunyai beberapa lembar kerja (tabs). Pada data IHMB, lembar pertama berisi informasi tentang jalur dan diberi nama **Inf Jalur**. Isi lembar pertama adalah semua informasi tentang jalur yang bersangkutan, seperti koordinat titik ikat, cara mencapai jalur dan sketsa jalan. Isi lembar kedua adalah informasi tentang kondisi semua plot yang ada dalam jalur, dan dinamai **Inf Plot.** Data yang masuk dalam lembar ke dua ini adalah semua data yang ada dalam Daftar Isian 1. Lembar-lembar berikutnya berisi data masing-masing plot sebagaimana tercantum dalam Daftar Isian 2, dan diberi nama **Plot 001, Plot 002** dan seterusnya. Perhatikan Gambar di bawah ini.

Gambar 68. Nama-nama lembar kerja (Tabs)

Isi dari lembar kerja **Inf Jalur** ditampilkan dalam gambar berikut :

	A	B
1	Nama Perusahaan	
2	Propinsi	
3	Kabupaten	
4	Kecamatan	
5	Nomor Jalur	
6	Kordinat titik ikat GPS X (UTM)	
7	Kordinat titik ikat GPS Y (UTM)	
8	Kordinat titik awal jalur GPS X (UTM)	
9	Kordinat titik awal jalur GPS Y (UTM)	
10	Ketinggian titik awal	
11	Tanggal periode pengukuran	
12	Nomor Regu Kerja	
13	Pimpinan Regu Kerja	
14	Sketsa posisi Jalur dr titik ikat	

Gambar 69. Isi Lembar Kerja Inf Jalur

Setelah selesai dengan mengisikan informasi jalur, lanjutkan dengan mengisi informasi plot. Informasi tentang plot sampel disusun dalam bentuk lajur (kolom), hal ini agar informasi semua plot yang ada dapat ditampilkan dalam satu lembar kerja. Contoh lembar kerja **Inf Plot** ditampilkan pada halaman berikut. Tidak semua informasi dapat ditampilkan pada gambar tersebut karena berada pada sebelah kanan lembar kerja

	A	B	C	D	E	F
1	Nomor Plot	Kordinat Plot GPS X (UTM)	Kordinat Plot GPS Y (UTM)	Nomor Petak Tebang	Nomor Regu	Tanggal
2	001					
3	002					
4	003					
5						
6						
7						

Gambar 70. Isi Lembar Kerja Inf Plot

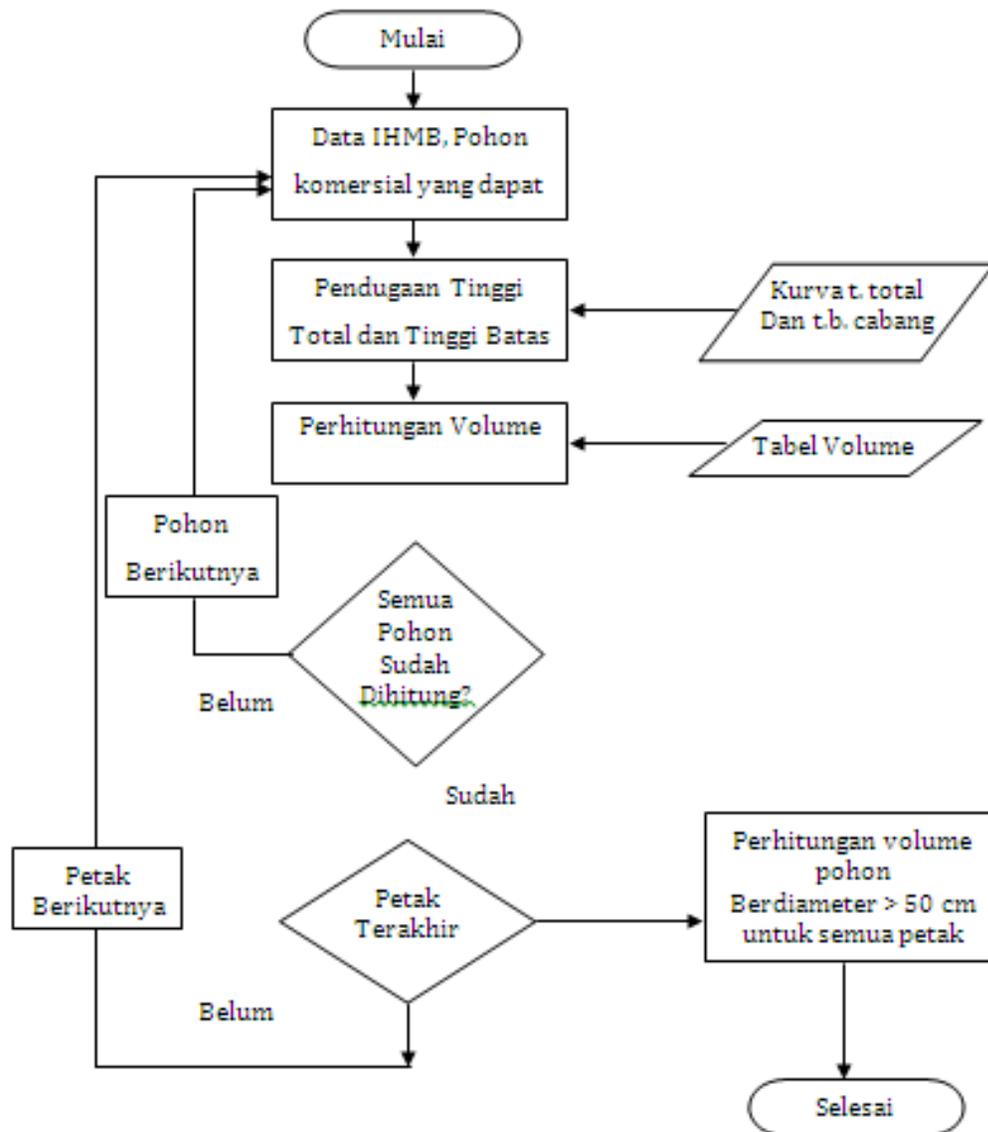
Informasi individual plot ditampilkan dalam lembar-lembar kerja berikutnya. Informasi tiap plot dipisahkan hanya untuk memudahkan pemantauan, untuk pengolahan data plot semua data plot harus digabungkan. Berikut ini adalah bagian lembar kerja yang menyajikan sebagian informasi sebuah plot.

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Nomor Pohon	Nama Jenis	Kelompok jenis	Diameter	T.B.Cabang	Tinggi Total	Kualitas Tajuk	Cacat Batang	Kelurusan Batang	Kerusakan log
2	1	MP	D	10,2						
3	2	MP	D	15,6						
4	3	ANG	JL	19,3						
5	4	MK	D	16,8						
6	1	MM	D	26,7						
7	2	MDG	K	31,5						
8	3	MDG	K	22,3						
9	4	KA	K	23,8						
10	1	IPL	K	38,4						
11	2	KRG	D	49,1						
12	3	KRG	D	57,0						
13	1	DP	K	11,5						
14	2	DP	K	13,8						
15	3	BKR	D	13,3						
16	4	BKR	D	17,5						
17	1	MCR	JL	27,6						
18	2	RT	K	27,7						
19	3	RT	K	21,0						
20	1	BKR	D	41,4						
21	2	VTC	K	38,3						
22										

Gambar 71. Isi Lembar Kerja Inf Plot 001

Tidak semua kolom dalam lembar kerja di atas harus diisi, sesuai dengan apa yang diukur di lapangan. Tingkat Tiang, kolom-kolom cacat batang, kelurusan dan kerusakan log tidak diisi. Tingkat Pohon Kecil, kolom-kolom kelurusan dan kerusakan log tidak diisi, sedangkan untuk tingkat Pohon Besar, kolom-kolom kualitas tajuk dan cacat batang tidak diisi. Hutan tanaman format pengisian data hampir sama dengan format hutan alam. Nama-nama Lembar kerja (TABS) dan demikian pula dengan isi dari Informasi Jalur (TAB Inf Jalur) sama dengan hutan alam. Adapun isi dari lembar Inf Plot, formatnya sama, hanya saja nama-nama kolomnya disesuaikan dengan Daftar Isian 1 (DI 1) hutan tanaman. Isi lembar kerja

Plot 001 dan lainnya, nama-nama kolom disesuaikan dengan nama-nama kolom pada Daftar Isian 2 (DI 2) hutan tanaman.

Pengambilan data hingga pengolahan data di atas bisa digambarkan pada diagram alur dibawah ini.

Gambar 72. Diagram Alur Perhitungan Volume Untuk Semua Petak

3. Refleksi

a. Volume merupakan ukuran tiga dimensi dari suatu benda atau obyek yang dinyatakan dalam kubik, yang diperoleh dari hasil perkalian satuan dasar panjang, lebar/tebal serta tinggi.
b. Volume pohon adalah ukuran tiga dimensi pohon, yang bergantung dari luas bidang dasar pangkal, tinggi atau panjang batang, dan konstanta/faktor bentuk batang. Volume pohon berdiri menurut dimensi tingginya dapat dibagi menjadi beberapa kategori volume, yaitu : Volume total, Volume batang, Volume kayu tebal, Volume bebas cabang,.
c. Pengukuran volume atau isi suatu benda ada beberapa cara, yaitu: Cara analitik, cara langsung, cara grafik, menggunakan rumus volume baku dan table volume.
d. Pengukuran volume benda secara langsung ditentukan tanpa mengukur dimensinya dengan cara mempergunakan alat ukur Xylometer, yaitu suatu alat yang berprinsip pada hukum Archimedes.
e. Berdasarkan bentuk geometrisnya, batang pohon memiliki bentuk yang mendekati benda-benda putar yang membentuk frustum silinder, frustum parabola, frustum kerucut dan frustum neiloid.
f. Penentuan volume pohon/tegakan yang masih berdiri dapat ditentukan dengan menggunakan rumus: Volume seksi batang dan volume pohon dengan mempertimbangkan angka bentuk.
g. Jenis/macam tabel volume : 1). Tabel volume lokal (local volume table), 2). Tabel volume standar (standard volume table), 3). Tabel volume kelas bentuk

Mohon untuk mengisi lembar refleksi dibawah ini berdasarkan materi yang anda sudah pelajari

a. Bagaimana kesan anda selama mengikuti pembelajaran ini?

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

b. Apakah anda telah menguasai seluruh materi pelajaran ini?

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

c. Apa yang akan anda lakukan setelah menyelesaikan pembelajaran ini?

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

d. Tuliskan secara ringkas apa yang anda pelajari pada kegiatan pembelajaran ini!

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

   ………………………………………………………………………………………….

4. Tugas

Siswa dibagi dalam kelompok-kelompok, setiap kelompok terdiri dari 4 orang. Setiap kelompok melakukan pengukuran pohon dalam berbagai bentuk yang telah ditentukan di lapangan.

a. Ambilah data pengukuran pohon dari dimeter batang dan ketinggian pohon sebanyak 10 sampel! Hitung volume pohon dilapang secara langsung kemudian dihitung volume total, volume batang, volume kayu tebal dan volume bebas cabang! Bandingkan hasil pengukuran tersebut terhadap hasil pengukuran yang dilakukan dengan cara grafik, cara analitik dan menggunakan rumus dan tabel, sesuai form yang disediakan!

b. Diskusikan hasil-hasil pengukuran tersebut!

5. Tes Formatif

Test ini merupakan bahan pengecekan bagi siswa dan guru untuk mengetahui sejauh mana penguasaan hasil belajar yang telah dicapai, oleh karena itu siswa harus mengerjakan test ini dengan benar sesuai dengan kemampuan sendiri.

1. Ukuran tiga dimensi dari suatu benda atau obyek yang dinyatakan dalam kubik disebut…
   a. Diameter
   b. Tinggi
   c. Volume
   d. Panjang
   e. Isi
2. Volume yang dihitung atas dasar tinggi total (sampai puncak) pohon tanpa volume cabang dan ranting disebut….
   a. Volume total
   b. Volume batang
   c. Volume kayu tebal
   d. Volume bebas cabang
   e. Volume ranting

3. Pengukuran volume benda yang tidak beraturan dapat dilakukan dengan cara langsung menggunakan alat yang dinamakan…
   a. Barometer
   b. Xylometer
   c. Clinometer
   d. Volume meter
   e. Kompas
4. Bentuk batang pada bagian pangkal umumnya memiliki bentuk …
   a. Frustum neiloid
   b. frustum silinder
   c. frustum parabola
   d. frustum kerucut
   e. frustum lingkaran
5. Angka bentuk adalah…..
   a. Bilangan yang besarnya diperoleh dari perbandingan antara volume batang dan volume tajuk yang memiliki tinggi dan bidang dasar sama.
   b. Bilangan yang besarnya diperoleh dari perbandingan antara volume batang dan volume tabung yang memiliki tinggi dan bidang dasar sama.
   c. Bilangan yang besarnya diperoleh dari perbandingan antara diameter batang dan diameter tabung yang memiliki tinggi sama.
   d. Bilangan yang besarnya diperoleh dari perbandingan antara batang dan tabung yang memiliki tinggi dan bidang dasar sama.
   e. Bilangan yang besarnya diperoleh dari perbandingan antara luas bidang pangkal dan luas tajuk yang memiliki tinggi sama.
6. Seorang siswa SMK Kehutanan sedang melakukan pengukuran volume pohon. Tinggi pohon 15 m diukur menggunakan Spiegel relaskop dengan diameter 20 cm. Memperhatikan angka bentuk sebesar 0,7, berapakah volume pohon tersebut…
   a. 0,33 m3
   b. 0,40 m3
   c. 0,45 m3
   d. 0,20 m3
   e. 0,25 m3

7. Berikut adalah ukuran dimensi yang dibutuhkan untuk menghitung volume pohon, kecuali..
   a. Diameter
   b. Tinggi
   c. Taper
   d. Luas bidang dasar
   e. Jenis pohon
8. Penghitungan volume dengan cara membagi batang menjadi beberapa bagian/seksi dimaksudkan untuk....
   a. Menghindari peghitungan lebih besar volume melebihi yang sebenarnya
   b. Mengurangi beban kerja
   c. Menghindari kesalahan ukur
   d. Pengukuran lebih cepat
   e. Pembagian tugas dalam tim
9. Bentuk pohon tidak simetris, maka diameter batang diukur dengan cara...
   a. Diukur pada bagian pangkalnya saja
   b. Diukur pada bagian ujungnya saja
   c. Diukur bagian pangkal dan ujung, dan diameter merupakan rata-rata pengukuran bagian pangkal dan ujung
   d. Diukur bagian pangkal dan ujung, dan diameter merupakan jumlah pengukuran bagian pangkal dan ujung
   e. Diukur diameter pangkal dan tingginya
10. Jenis table volume yang hanya dapat digunakan di tempat tertentu saja disebut....
   a. Tabel volume pusat
   b. Tabel volume standar
   c. Tabel volume kelas bentuk
   d. Tabel volume induk
   e. Tabel volume local

Setelah anda mengerjakan test di atas, cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat di bagian akhir buku teks siswa ini. Hitung jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan hasil belajar terhadap materi kegiatan pembelajaran.

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\Sigma \text{ Jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Keterangan : Jawaban benar dengan skore 1 dan jawaban salah skore 0

Nilai yang diperoleh siswa kemudian dikategorikan sesuai dengan tabel status penguasaan hasil belajar di bawah ini :

Penguasaan Hasil Belajar	Tingkat Penguasaan	Kriteria	Tindak Lanjut
Belum Menguasai	< 70 %	Kurang	Mengulangi lagi kegiatan pembelajaran Secara keseluruhan
Sudah Menguasai	70 % – 79 %	Cukup	Penguatan dan Pengayaan dengan bimbingan guru terhadap materi yang belum tuntas
	80 % – 90 %	Baik	Penguatan dan Pengayaan melalui belajar mandiri terhadap materi yang belum tuntas
	> 90 %	baik Sekali	Dapat langsung melaksanakan evaluasi untuk mengukur ketuntasan belajar

C. Penilaian

<table>
<tr><th rowspan="2">Indikator</th><th colspan="3">Penilaian</th></tr>
<tr><th>Teknik</th><th>Bentuk Instrumen</th><th>Butir Soal/Instrumen</th></tr>
<tr>
<td>2.1
• Menampilkan perilaku rasa ingin tahu dalam melakukan observasi
• Menampilkan perilaku obyektif dalam kegiatan observasi
• Menampilkan perilaku jujur dalam melaksanakan kegiatan observasi</td>
<td>Non Tes</td>
<td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td>
<td>1. Rubrik Penilaian Sikap
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Menanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Mengamati</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menalar</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Mengolah data</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Menyimpulkan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Menyajikan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
Kriteria Terlampir</td>
</tr>
<tr>
<td>2.2
• Konsolidasikan hasil observasi kelompok
• Menampilkan hasil kerja kelompok
• Melaporkan hasil diskusi kelompok</td>
<td>Non Tes</td>
<td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td>
<td>2. Rubrik Penilaian Diskusi
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Terlibat penuh</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Bertanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menjawab</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Memberikan gagasan orisinil</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Kerja sama</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Tertib</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td>2.3
• Menyumbang pendapat tentang Taksiran volume Kayu per Ha</td>
<td>Non Tes</td>
<td>Lembar Observasi Penilaian sikap</td>
<td>3. Rubrik Penilaian Presentasi
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Kejelasan Presentasi</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Pengetahuan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Penampilan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>Pengetahuan

1. Siswa memahami pengertian volume pohon
2. Siswa memahami pehitungan volume pohon menggunakan tabel volume</td>
<td>

Tes</td>
<td>

Uraian</td>
<td>

1. Apa yang dimaksud dengan volume pohon?
2. Apa yang anda ketahui tentang Tabel Volume!
3. Sebutkan jenis atau macam-macam tabel volume!</td>
</tr>
<tr>
<td>Keterampilan

1. Mampu menghitung Volume pohon berdiri.
2. Dapat Menggunakan Tabel Volume
3. Dapat mengolah data hasil pengamatan atau hasil inventarisasi hutan.</td>
<td>

Non Tes (Tes Unjuk Kerja)</td>
<td></td>
<td>

1. Rubrik Sikap Ilmiah
<table>
<tr><th rowspan="2">No</th><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaian</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Menanya</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Mengamati</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Menalar</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Mengolah data</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Menyimpul kan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td>Menyajikan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

2. Rubrik Penilaian Penggunaan alat dan bahan
<table>
<tr><th rowspan="2">Aspek</th><th colspan="4">Penilaiaa n</th></tr>
<tr><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th></tr>
<tr><td>Cara merangkai alat</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Cara menuliskan data hasil pengamatan</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Kebersihan dan penataan alat</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

Lampiran Rubrik & Kriteria Penilaian :

3. Rubrik Sikap Ilmiah

No	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1	Menanya				
2	Mengamati				
3	Menalar				
4	Mengolah data				
5	Menyimpulkan				
6	Menyajikan				

Kriteria

c. Aspek menanya **:**

Skor 4 : jika pertanyaan yang diajukan **sesuai** dengan permasalahan yang sedang dibahas

Skor 3 : jika pertanyaan yang diajukan **cukup** sesua dengan permasalahan yang sedang dibahas

Skor 2 : jika pertanyaan yang diajukan **kurang sesuai** dengan permasalahan yang sedang dibahas

Skor 1 : Tidak menanya

d. Aspek mengamati :

Skor 4 : Terlibat dalam pengamatan dan aktif dalam memberikan pendapat

Skor 3 : Terlibat dalam pengamatan

Skor 2 : Berusaha terlibat dalam pengamatan

Skor 1 : Diam tidak aktif

e. Aspek menalar

Skor 4 : Jika nalarnya benar

Skor 3 : Jika nalarnya hanya sebagian yang benar

Skor 2 : Mencoba bernalar walau masih salah

Skor 1 : Diam tidak bernalar

f. Aspek mengolah data :

Skor 4 : Jika Hasil Pengolahan data benar semua

Skor 3 : Jika hasil pengolahan data sebagian besar benar

Skor 2 : Jika hasil pengolahan data sebagian kecil benar

Skor 1 : Jika hasil pengolahan data salah semua

g. Aspek menyimpulkan :

Skor 4 : jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya benar

Skor 3 : jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya benar

Skor 2 : kesimpulan yang dibuat sebagian kecil benar

Skor 1 : Jika kesimpulan yang dibuat seluruhnya salah

h. Aspek menyajikan

Skor 4 : Jika laporan disajikan secara baik dan dapat menjawabsemua petanyaan dengan benar

Skor 3 : Jika laporan disajikan secara baik dan hanya dapat menjawab sebagian pertanyaan

Skor 2 : Jika laporan disajikan secara cukup baik dan hanya sebagian kecil pertanyaan yang dapat di jawab

Skor 1 : Jika laporan disajikan secara kurang baik dan tidak dapat menjawab pertanyaan

4. Rubrik Penilaian Diskusi

No	Aspek	Penilaian			
		4	3	2	1
1	Terlibat penuh				
2	Bertanya				
3	Menjawab				
4	Memberikan gagasan orisinil				
5	Kerja sama				
6	Tertib				

Kriteria

i. Aspek Terlibat penuh :

Skor 4 : Diskusi kelompok terlihat aktif, tanggung jawab, mempunyai pemikiran/ide, berani berpendapat

Skor 3 : Diskusi kelompok terlihat aktif, dan berani berpendapat

Skor 2 : Diskusi kelompok kadang-kadang berpendapat

Skor 1 : Diam sama sekali tidak terlibat

j. Aspek bertanya :

Skor 4 : Memberikan pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang jelas

Skor 3 : Memberikan pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang kurang jelas

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan pertanyaan

Skor 1 : Diam sama sekali tdak bertanya

k. Aspek Menjawab :

Skor 4 : Memberikan jawaban dari pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang jelas

Skor 3 : Memberikan jawaban dari pertanyaan dalam kelompok dengan bahasa yang kurang jelas

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan jawaban dari pertanyaan kelompoknya

Skor 1 : Diam tidak pernah menjawab pertanyaan

l. Aspek Memberikan gagasan orisinil :

Skor 4 : Memberikan gagasan/ide yang orisinil berdasarkan pemikiran sendiri

Skor 3 : Memberikan gagasan/ide yang didapat dari buku bacaan

Skor 2 : Kadang-kadang memberikan gagasan/ide

Skor 1 : Diam tidak pernah memberikan gagasan

m. Aspek Kerjasama :

Skor 4 : Diskusi kelompok terlibat aktif, tanggung jawab dalam tugas, dan membuat teman-temannya nyaman dengan keberadaannya

Skor 3 : Diskusi kelompok terlibat aktif tapi kadang-kadang membuat teman-temannya kurang nyaman dengan keberadaannya

Skor 2 : Diskusi kelompok kurang terlibat aktif

Skor 1 : Diam tidak aktif

n. Aspek Tertib :

Skor 4 : Diskusi kelompok aktif, santun, sabar mendengarkan pendapat teman-temannya

Skor 3 : Diskusi kelompok tampak aktif,tapi kurang santun

Skor 2 : Diskusi kelompok suka menyela pendapat orang lain

Skor 1 : Selama terjadi diskusi sibuk sendiri dengan cara berjalan kesana kemari

5. Rublik Penilaian Penggunaan Alat / bahan

Aspek	Skor			
	4	3	2	1
Cara merangkai alat				
Cara menuliskan data hasil pengamatan				
Kebersihan dan penataan alat				

Kritera :

o. Cara merangkai alat :

Skor 4 : jika seluruh peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur

Skor 3 : jika sebagian besar peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur

Skor 2 : jika sebagian kecil peralatan dirangkai sesuai dengan prosedur

Skor 1 : jika peralatan tidak dirangkai sesuai dengan prosedur

p. Cara menuliskan data hasil pengamatan :

Skor 4 : Jika seluruh data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar

Skor 3: Jika sebagian besar data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar

Skor 2: Jika sebagian kecil data hasil pengamatan dapat dituliskan dengan benar

Skor 1 : Jika tidak ada data hasil pengamatan yang dapat dituliskan dengan benar

q. Kebersihan dan penataan alat :

Skor 4 : jika seluruh alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

Skor 3: jika sebagian besar alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

Skor 2 : jika sebagian kecil alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

Skor 1 : jika tidak ada hasil alat dibersihkan dan ditata kembali dengan benar

6. Rubrik Presentasi

No	Aspek	Penilaian			
		4	3	2	1
1	Kejelasan Presentasi				
2	Pengetahuan :				
3	Penampilan :				

Kriteria

r. Kejelasan presentasi

Skor 4 : Sistematika penjelasan logis dengan bahasa dan suara yang sangat jelas

Skor 3 : Sistematika penjelasan logis dan bahasa sangat jelas tetapi suara kurang jelas

Skor 2 : Sistematika penjelasan tidak logis meskipun menggunakan bahasa dan suara cukup jelas

Skor 1 : Sistematika penjelasan tidak logis meskipun menggunakan bahasa dan suara cukup jelas

s. Pengetahuan

Skor 4 : Menguasai materi presentasi dan dapat menjawab pertanyaan dengan baik dan kesimpulan mendukung topik yang dibahas

Skor 3 : Menguasai materi presentasi dan dapat menjawab pertanyaan dengan baik dan kesimpulan mendukung topik yang dibahas

Skor 2 : Penguasaan materi kurang meskipun bisa menjawab seluruh pertanyaan dan kesimpulan tidak berhubungan dengan topik yang dibahas

Skor 1 : Materi kurang dikuasai serta tidak bisa menjawab seluruh pertanyaan dan kesimpulan tidak mendukung topik

t. Penampilan

Skor 4 : Penampilan menarik, sopan dan rapi, dengan penuh percaya diri serta menggunakan alat bantu

Skor 3 : Penampilan cukup menarik, sopan, rapih dan percaya diri menggunakan alat bantu

Skor 2 : Penampilan kurang menarik, sopan, rapi tetapi kurang percaya diri serta menggunakan alat bantu

Skor 1 : Penampilan kurang menarik, sopan, rapi tetapi tidak percaya diri dan tidak menggunakan alat bantu

Penilaian Laporan Observasi :

No	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
1	Sistematika Laporan	Sistematika laporan mengandung tujuan, masalah, hipotesis, prosedur, hasil pengamatan dan kesimpulan.	Sistematika laporan mengandung tujuan, , masalah, hipotesis prosedur, hasil pengamatan dan kesimpulan	Sistematika laporan mengandung tujuan, masalah, prosedur hasil pengamatan Dan kesimpulan	Sistematika laporam hanya mengandung tujuan, hasil pengamatan dan kesimpulan
2	Data Pengamatan	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, grafik dan gambar yang disertai dengan bagian-bagian dari gambar yang lengkap	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, gambar yang disertai dengan beberapa bagian-bagian dari gambar	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk table, gambar yang disertai dengan bagian yang tidak lengkap	Data pengamatan ditampilkan dalam bentuk gambar yang tidak disertai dengan bagian-bagian dari gambar
3	Analisis dan kesimpulan	Analisis dan kesimpulan tepat dan relevan dengan data-data hasil pengamatan	Analisis dan kesimpulan dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan	Analisis dan kesimpulan dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan tetapi tidak relevan	Analisis dan kesimpulan tidak dikembangkan berdasarkan data-data hasil pengamatan
4	Kerapihan Laporan	Laporan ditulis sangat rapih, mudah dibaca dan disertai dengan data kelompok	Laporan ditulis rapih, mudah dibaca dan tidak disertai dengan data kelompok	Laporan ditulis rapih, susah dibaca dan tidak disertai dengan data kelompok	Laporan ditulis tidak rapih, sukar dibaca dan disertai dengan data kelompok

III. PENUTUP

Setelah siswa menyelesaikan semua kompetensi inti dan kompetensi dasar dapat dinyatakan berkompeten oleh guru, selanjutnya akan dilakukan sertifikasi kompetensi. Proses sertifikasi akan dilakukan melalui uji kompetensi yang dilakukan oleh eksternal evaluator.

Siswa yang dinyatakan berhasil akan diberikan sertifikat oleh industri yang melakukan uji kompetensi sesuai dengan jumlah kompetensi yang dinyatakan kompeten.

Siswa yang sudah dinyatakan berhasil dalam pembelajaran ini, selanjutnya dapat melanjutkan materi berikunya.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Kehutanan dan Perkebunan Republik Indonesia. 1989. Panduan Kehutanan Indonesia. Departemen Kehutanan dan Perkebunan Republik Indonesia, Jakarta.

Departemen Kehutanan. 1990. Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Departemen Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.

Departemen Kehutanan. 1999. Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan. Departemen Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.

Departemen Kehutanan Republik Indonesia. 2007. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.22/Menhut-V/2007 tentang Pedoman Teknis dan Petunjuk Pelaksanaan GNRHL. Departemen Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.

Huxley, A., ed. (1992). New RHS Dictionary of Gardening. Macmillan ISBN 0-333-47494-5. Dibuka pada tanggal 14 Mei 2009.

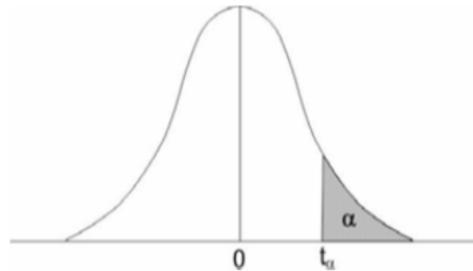
Simon, Hasanu. 1988. Pengantar Ilmu Kehutanan. Bagian Penerbitan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Suhendang, Endang. 2002. Pengantar Ilmu Kehutanan. Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan (YPFK) Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Winarto, Bambang Ir., MM. 2006. Kamus Rimbawan. Yayasan Bumi Indonesia Hijau. Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Sebaran t-Student

SEBARAN t-STUDENT

v	a				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.025
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	1.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
Inf	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Sumber : Malamassam (2009)

Lampiran 2. Angka Acak

ANGKA ACAK

Baris	Kolom							
	1 - 5	6 - 1 0	11 -15	16 - 20	21 -25	26 - 30	31 -35	36 - 40
1	62956	95735	70988	86027	27648	65155	46301	27217
2	17143	50118	41681	87224	75674	43371	09846	83403
3	99285	01369	94610	71099	69207	01999	23931	34711
4	12940	81308	40436	82916	74245	70324	88555	82182
5	28089	80216	08681	83524	00583	55179	31911	68484
6	78709	74747	17626	74930	41300	04858	85634	42398
7	36009	01306	33858	96930	71087	11354	85891	52644
8	95695	52933	39459	84218	34670	91542	02186	86134
9	89221	34158	16364	16532	50070	78159	18445	05884
10	91937	35854	13168	24642	22369	87396	64367	89259
11	07339	63159	94886	51002	85834	94109	56843	03769
12	73238	34352	81004	95682	13029	76288	22054	54849
13	87940	32625	44838	39920	57188	41771	43185	74236
14	46904	92456	64675	66930	54980	11631	54596	50563
15	02580	92653	33907	54380	00763	60452	18860	48829
16	86983	20150	78561	97095	15990	45947	88542	86519
17	92604	22144	67209	88807	82087	06616	16605	95621
18	26988	49617	87118	28108	13110	40766	21216	01567
19	75370	38794	51939	20879	30221	73593	76238	85702
20	18826	84055	91391	78487	07594	74994	64239	00808
21	20198	45182	09914	45305	97352	00516	56804	10931
22	74784	75807	79881	45290	56117	39798	62617	26912
23	08050	25691	87992	75747	55031	82704	97667	03734
24	63096	27123	94686	39205	68047	12108	62144	31291
25	23099	48428	16697	82597	74983	22452	46283	97617
26	84827	81473	19453	95401	01363	40795	86600	78317
27	97965	30432	92410	42482	31448	78558	55152	27863
28	96097	51256	61546	93683	46277	30115	37682	15694
29	77733	98610	86615	19007	29402	26348	96477	97154
30	73159	81085	96957	48358	90944	58155	73014	79515
31	19074	14518	91372	73333	42832	17500	91049	74510
32	83098	95483	17986	79141	92419	36887	65473	05675
33	10416	60700	37527	26169	07315	08340	31597	05568
34	08693	25225	54798	60498	32060	60310	36587	30579
35	50451	52350	37860	40950	14377	16485	62250	96104

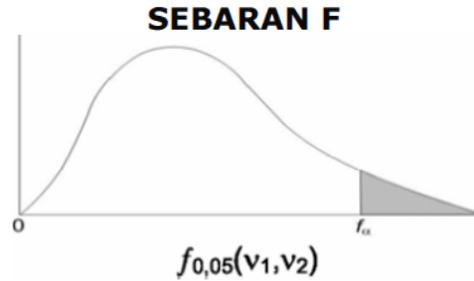
Sumber : Malamassam (2009)

Lanjutan Lampiran 2. Angka Acak

ANGKA ACAK *(Lanjutan)*

Baris	Kolom							
	1 - 5	6 - 1 0	11 -15	16 - 20	21 -25	26 - 30	31 -35	36 - 40
36	73128	88097	01832	19463	28038	00222	83868	74422
37	89677	39620	49118	49660	96852	71822	66195	28204
38	67828	36965	63617	60332	10525	78030	06835	59222
39	30001	63542	05680	12956	96058	80149	79950	39309
40	14283	75479	39727	79075	87995	74464	49102	93185
41	84051	28694	03885	97247	43578	48213	97929	49951
42	80815	60959	58747	50798	47455	18738	58154	95800
43	28515	30696	23612	87285	96888	25681	65597	50837
44	17402	25186	12526	19012	42374	47886	43367	61815
45	66814	38016	61219	14760	99030	38070	81369	94157
46	49751	96432	63666	47760	70192	10367	17197	95801
47	35597	97760	47288	34700	25569	91920	02045	24344
48	03026	00712	49279	10272	30083	61603	26715	89026
49	96637	00092	97446	75109	53899	93915	37789	13073
50	34324	90440	76224	71230	92581	06794	39559	05362

Sumber : Malamassam (2009)

Lampiran 3. Sebaran F

V_1	V_2								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

Sumber : Malamassam (2009)

Lanjutan Lampiran 3. Sebaran F

SEBARAN F *(Lanjutan)*

$f0,05(V_1, V_2)$

V_I	V_2									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	241.9	243.9	245.9	148.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Sumber : Malamassam (2009)

Lanjutan Lampiran 3. Sebaran F

SEBARAN F *(Lanjutan)*

$f_{0,01}(v_1,v_2)$

V_1	V_2								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052	4999.5	5403	5625	5746	5859	5928	5981	60.22
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.73	3.60
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52
20	8.10	5.89	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41

Sumber : Malamassam (2009)

Lanjutan Lampiran 3. Sebaran F

SEBARAN F *(Lanjutan)*

$f_{0,01}(v_1, v_2)$

V_l	V_2									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	6056	6157	6157	6029	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.55	3.27	3.18	3.09	3.00
15	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
∞	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

Sumber : Malamassam (2009)